

**OPTIMISASI PORTOFOLIO INVESTASI SAHAM  
SEBELUM DAN SELAMA PANDEMI COVID-19  
DI INDONESIA**

**TUGAS AKHIR**

**Karya tulis sebagai salah satu syarat untuk  
memperoleh gelar Sarjana dari  
Institut Teknologi Bandung**

**Oleh**

**DONA ABDILLAH ULA**

**NIM: 10117084**

**(PROGRAM STUDI MATEMATIKA)**



**INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**

**Oktober 2021**

## ABSTRAK

### OPTIMISASI PORTOFOLIO INVESTASI SAHAM SEBELUM DAN SELAMA PANDEMI COVID-19 DI INDONESIA

Oleh

**DONA ABDILLAH ULA**  
**NIM: 10117084**  
**(PROGRAM STUDI MATEMATIKA)**

Pada awal tahun 2020, Pandemi Covid-19 mulai menyebar ke Indonesia yang memberikan dampak pada roda perekonomian. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini dikaji *return* dan risiko yang optimal dari portofolio saham pada masa sebelum dan selama pandemi menggunakan Model Portofolio Markowitz *Mean-Variance* yang dikembangkan oleh Markowitz pada tahun 1952. Masalah yang dikaji adalah masalah *single-objective* dan *multi-objective* dengan kendala *no shortselling* yaitu kendala yang membatasi nilai proporsi saham agar tidak bernilai negatif. Pada masalah optimisasi portofolio *single-objective* dicari proporsi saham yang menghasilkan nilai risiko yang minimal dan juga dicari proporsi saham yang menghasilkan nilai *return* maksimal. Pada masalah optimisasi portofolio *multi-objective* dicari nilai optimal dari risiko dan *return* secara bersamaan dengan menentukan beberapa portofolio optimal pada tingkat risiko berbeda-beda, kemudian mencari rasio antara *return* dan risiko yang menghasilkan nilai paling tinggi. Data yang digunakan adalah data harian saham satu tahun sebelum pandemi dan satu tahun setelah kemunculan pandemi. Portofolio disusun dari 5 jenis saham perusahaan yang dipilih dari 5 sektor ekonomi yang performanya cukup baik pada sektornya masing-masing. Alternatif lain dalam penentuan portofolio yaitu dengan mengalokasikan 10% dana investasi pada *riskfree asset* seperti deposito atau obligasi. Proses optimisasi portofolio dilakukan menggunakan algoritma *portfolio optimization (portopt)* pada matlab. Setelah proses optimisasi selesai, dilakukan analisis portofolio saham tanpa dan dengan *riskfree asset*, serta analisis portofolio saham sebelum dan selama pandemi. Berdasarkan analisis perbandingan tersebut dihasilkan perbedaan nilai *return* dari penambahan *riskfree asset*, serta pengaruh yang signifikan dari adanya Pandemi Covid-19 terhadap portofolio saham di Indonesia.

Kata Kunci: *optimisasi, portofolio, Mean-Variance, pandemi, riskfree, portopt*

## ABSTRACT

### OPTIMIZATION OF STOCK INVESTMENT PORTFOLIO BEFORE AND DURING THE COVID-19 PANDEMIC IN INDONESIA

By

**DONA ABDILLAH ULA**

**NIM: 10117084**

**(Bachelor of Mathematics Program)**

In early 2020, the Covid-19 pandemic began spread in Indonesia which had an impact on the economy. This final project discuss optimal value of *return* and risk of stock portfolios before and during the pandemic using the Markowitz *Mean-Variance* Portfolio Model which was developed by Markowitz in 1952. The problems discussed are *single-objective* and *multi-objective* optimization problem with *no shortselling* constraint which limits the value of each stock proportion is not negative. For the *single-objective* portfolio optimization problem, there will be only one objective function, either to minimize risk or to maximize *return*. For the *multi-objective* portfolio optimization problem, there will be multiple objective functions. In this case, the *return* and risk value will be optimized once at a time by determine several optimal portfolios at different risk levels and calculate the ratio between *return* and risk which has highest value. The data which used is daily stock price of one year before and one year after the pandemic. The portfolio is composed by 5 types of company which selected from 5 economic sectors which has good performance in their sectors. Another alternative to determine the portfolio is allocating 10% of investment funds to *riskfree assets* such as deposits or bonds. The portfolio optimization process was using *portopt* algorithm in Matlab. After the optimization process done, then analyze the portfolios with and without *riskfree assets*, and then analyze the portfolios before and during the pandemic. Based on this analysis, there were differences *return* values from the addition of *riskfree assets*, and significant impact of the Covid-19 pandemic on stock portfolios in Indonesia.

Keywords: *optimization, portfolio, Mean-Variance, pandemic, riskfree, portopt*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**OPTIMISASI PORTOFOLIO INVESTASI SAHAM  
SEBELUM DAN SELAMA PANDEMI COVID-19  
DI INDONESIA**

Oleh

**Dona Abdillah Ula  
NIM: 10117084  
(Program Studi Sarjana Matematika)**

Institut Teknologi Bandung

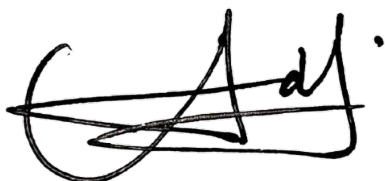
Menyetujui  
Pembimbing

Tanggal 21 September 2021

Tanggal 20 September 2021.....

---

**Novriana Sumarti, S.Si, M.Si., Ph.D.  
NIP. 197011151997022001**



---

**Ade Candra Bayu, S.Pd., M.Si  
NIP. 198812042019031016**

*Tugas akhir ini saya persembahkan untuk diri saya sendiri.*

*Terima kasih karena telah menjadi sosok yang kuat dan  
mau berkembang sampai akhirnya berada di titik ini.*

## KATA PENGANTAR

Setelah satu tahun kuliah di kampus lain dan mencoba mengikuti tes SBMPTN kembali untuk kedua kalinya, alhamdulillah saya mendapatkan kesempatan menjadi mahasiswa S1 Matematika ITB sampai akhirnya berada pada tahap menyelesaikan tugas akhir ini merupakan sebuah proses yang panjang dan menantang bagi saya. Di kampus ini terbaik ini, saya melawati banyak proses pengalaman dan pembelajaran yang menarik bagi kehidupan saya. Adakalanya saya mengalami “jatuh bangun” yang menjadi pewarna dalam proses tersebut. Terkadang, ada masa dimana saya merasa lelah dan ingin menyerah, namun entah mengapa dalam diri ini selalu muncul kekuatan dan ketegaran untuk tetap bertahan hingga saat ini. Saya sadar bahwa banyak sekali orang yang berperan membantu saya selama proses perkuliahan sampai menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya.

Pertama, untuk keluarga saya – bapak, ibu, dan kakak – yang telah memberikan saya kesempatan untuk melanjutkan pendidikan saya di Institut Teknologi Bandung. Terima kasih untuk dukungan secara emosional dan materiil yang telah diberikan selama ini. Terima kasih untuk semuanya.

Untuk Ibu Novriana Sumarti, S.Si, M.Si., Ph.D. dan Bapak Ade Candra Bayu, S.Pd., M.Si. selaku dosen pembimbing saya yang telah membimbing pengerjaan tugas akhir sampai akhirnya berhasil saya selesaikan. Terima kasih atas bimbingan, masukan, dan ilmu yang sudah diberikan kepada saya. Untuk Ibu Dr. Dewi Handayani, S.Si., M.Si. dan Bapak Muhammad Ridwan Reza Nugraha, S.Si., M.Si. sebagai dosen penguji tugas akhir saya, terima kasih untuk kritik dan saran yang telah diberikan demi perbaikan tugas akhir saya. Serta untuk seluruh staf pengajar dan staf tata usaha program studi Matematika ITB, terima kasih untuk bantuan dan dukungannya selama ini.

Untuk teman-teman terdekat saya yang selalu ada membantu dan mewarnai cerita selama di kampus ITB. Untuk FX Andi Hambali, Reyhan A.U., Farid Suryadi, Syahrian Fathur, dan masih banyak lagi.

Untuk LSS ITB dan LSS 2017, HIMATIKA ITB dan CONVERGENT 2017 yang memberikan banyak pengalaman dan pembelajaran yang berkesan bagi saya. Saya sangat bersyukur bisa menjadi bagian dari kalian.

Untuk GH Almoontoniah (Mathiyyatul U'lum) yang sudah memfasilitasi saya dalam menyelesaikan tugas ini.

*Last but not least, I wanna thank me, I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, for just being me at all times.*

Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semoga segala amal baik yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan dari Allah SWT.

Amin.

Bandung, Oktober 2021

Penulis

## DAFTAR ISI

|  |      |
|--|------|
| ABSTRAK .....  | ii   |
| ABSTRACT .....   | iii  |
| LEMBAR PENGESAHAN .....  | iv   |
| KATA PENGANTAR .....   | vi   |
| DAFTAR ISI .....   | viii |
| DAFTAR GAMBAR .....  | x    |
| DAFTAR TABEL .....   | xi   |
| DAFTAR LAMPIRAN .....  | xii  |
| BAB I    PENDAHULUAN .....   | 13   |
| I.1 Latar Belakang .....   | 13   |
| I.2 Tujuan .....   | 14   |
| I.3 Batasan Masalah .....  | 14   |
| BAB II   OPTIMISASI PORTOFOLIO .....   | 15   |
| II.1 Model Portofolio Markowitz .....  | 15   |
| II.2 Optimisasi Portofolio <i>Single-Objective</i> .....                                   | 18   |
| II.3. Optimisasi Portofolio <i>Multi-Objective</i> .....                                   | 20   |
| II.4. Algoritma <i>Portfolio Optimization (portopt)</i> .....                              | 25   |
| BAB III   PENGOLAHAN DATA .....  | 27   |
| III.1 Pengolahan Data Saham Sebelum dan Selama Pandemi Covid-19<br>.....                   | 27   |
| III.2. Proses Optimisasi Portofolio <i>Mean-Variance</i> Tanpa Aset Bebas<br>Risiko .....  | 30   |
| III.3. Proses Optimisasi Portofolio <i>Mean-Variance</i> Dengan Aset Bebas<br>Risiko ..... | 34   |



|                |   |    |
|----------------|---|----|
| BAB IV         | ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....  | 39 |
| IV.1.          | Portofolio Investasi Saham Sebelum Pandemi Covid-19 .....                       | 39 |
| IV.2.          | Portofolio Investasi Saham Selama Pandemi Covid-19 .....                        | 41 |
| IV.3.          | Analisis Portofolio Investasi Saham Sebelum dan Selama<br>Pandemi Covid-19..... | 42 |
| BAB V          | KESIMPULAN DAN SARAN .....  | 44 |
| V.1.           | Kesimpulan.....   | 44 |
| V.2.           | Saran.....  | 45 |
| DAFTAR PUSTAKA | .....   | 46 |
| LAMPIRAN       | .....   | 48 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 1. <i>Efficient Frontier</i> .....   | 20 |
| Gambar 2. <i>Capital Market Line</i> .....  | 23 |
| Gambar 3. Flowchart optimisasi portofolio. ....   | 26 |
| Gambar 4. Flowchart algoritma <i>portopt</i> .....  | 26 |
| Gambar 5. Kurva <i>efficient frontier</i> dan rasio <i>Mean-Variance</i> tanpa aset bebas<br>risiko pada saham sebelum Pandemi Covid-19.....  | 33 |
| Gambar 6. Kurva <i>efficient frontier</i> dan rasio <i>Mean-Variance</i> tanpa aset bebas<br>risiko pada saham selama Pandemi Covid-19.....   | 33 |
| Gambar 7. Kurva <i>efficient frontier</i> dan rasio <i>Mean-Variance</i> dengan aset bebas<br>risiko pada saham sebelum Pandemi Covid-19..... | 38 |
| Gambar 8. Kurva <i>efficient frontier</i> dan rasio <i>Mean-Variance</i> dengan aset bebas<br>risiko pada saham selama Pandemi Covid-19.....  | 38 |
| Gambar 9. Perbandingan kurva <i>efficient frontier</i> dan grafik rasio <i>Mean-Variance</i><br>pada saham sebelum Pandemi Covid-19.....      | 40 |
| Gambar 10. Perbandingan kurva <i>efficient frontier</i> dan grafik rasio <i>Mean-Variance</i><br>pada saham selama Pandemi Covid-19.....      | 42 |
| Gambar 11. Perbandingan grafik permukaan efisien saham sebelum dan selama<br>Pandemi Covid-19.....  | 43 |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 1. Rata-rata <i>return</i> , variansi, dan rasio rata-rata dengan variansi <i>return</i> dari kelima perusahaan pada saham sebelum Pandemi Covid-19. .... | 28 |
| Tabel 2. Rata-rata <i>return</i> , variansi, dan rasio rata-rata dengan variansi <i>return</i> dari kelima perusahaan pada selama Pandemi Covid-19. ....        | 28 |
| Tabel 3. Variansi dan kovariansi antar saham sebelum Pandemi Covid-19. ....   | 28 |
| Tabel 4. Variansi dan kovariansi antar saham selama Pandemi Covid-19. ....  | 28 |
| Tabel 5. Proses optimisasi portofolio <i>Mean-Variance</i> tanpa aset bebas risiko pada saham sebelum pandemi-Covid-19. ....                                    | 31 |
| Tabel 6. Proses optimisasi portofolio <i>Mean-Variance</i> tanpa aset bebas risiko pada saham selama pandemi-Covid-19. ....                                     | 32 |
| Tabel 7. Hasil tingkat <i>Risk Free rf</i> dari bulan Januari - Desember tahun 2019. .  | 34 |
| Tabel 8. Hasil tingkat <i>Risk Free rf</i> dari bulan Maret 2020 – Mei 2021. ....   | 35 |
| Tabel 9. Proses optimisasi portofolio <i>Mean-Variance</i> dengan aset bebas risiko pada saham sebelum Pandemi Covid-19. ....                                   | 36 |
| Tabel 10. Proses optimisasi portofolio <i>Mean-Variance</i> dengan aset bebas risiko pada saham selama Pandemi Covid-19. ....                                   | 37 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|  |    |
|--|----|
| Lampiran A. Cuplikan data saham sebelum Pandemi Covid-19. ....         | 48 |
| Lampiran B. Cuplikan data saham selama Pandemi Covid-19.....           | 48 |
| Lampiran C. Cuplikan <i>return</i> saham sebelum Pandemi Covid-19..... | 49 |
| Lampiran D. Cuplikan <i>return</i> saham sebelum Pandemi Covid-19..... | 49 |
| Lampiran E. Cuplikan Coding dan Hasil Run Program pada Matlab.....     | 50 |

# BAB I PENDAHULUAN

## I.1 Latar Belakang

Dunia investasi akhir-akhir ini menjadi hal yang populer semenjak adanya Pandemic Covid-19 karena harga saham mengalami perubahan yang sangat tentative. Banyak perusahaan-perusahaan yang mengalami kerugian sehingga mengakibatkan harga saham turun drastis selama beberapa bulan terakhir. Kemudian saat kondisi mulai membaik, perusahaan bisa kembali berjalan sehingga mengakibatkan harga saham mengalami kenaikan. Bahkan terdapat perusahaan mengalami kenaikan *return* drastis dalam waktu singkat. Hal ini lah yang mengakibatkan investasi saham menarik karena dapat menghasilkan *return* yang melimpah jika dilakukan dengan waktu dan perhitungan yang tepat.

Ekspektasi *return*, bukanlah sebagai *return* pasti diterima tetapi merupakan hasil rata-rata dari seluruh hasil yang mungkin, dengan mengakui bahwa beberapa hasil berpeluang lebih besar untuk terjadi dibanding hasil yang lain dari berbagai skenario investasi. Pengukuran tingkat variabilitas *return* yang paling umum digunakan adalah variansi atau standar deviasi. Variansi digunakan untuk mengukur rata-rata selisih kuadrat antara *return* aktual dan rata-rata *return*. Semakin besar nilai variansi, semakin jauh *return* aktual berbeda dari rata-rata *return*-nya.

Pembahasan ini bertujuan untuk menentukan portofolio investasi saham optimal sebelum dan selama adanya Pandemic Covid-19 yang disusun dari berbagai sektor perusahaan yang berbeda-beda. Alternatif lain dalam optimisasi portofolio yaitu dengan menambahkan 10% dana investasi yang dialokasikan pada *riskfree asset* seperti deposito atau obligasi. Setelah proses optimisasi selesai, kemudian dilakukan analisis portofolio saham tanpa dan dengan *riskfree asset*, serta analisis portofolio saham sebelum dan selama pandemi. Diharapkan penelitian ini bermanfaat untuk investor yang ingin melakukan investasi saat setelah Pandemic Covid 19 (dalam waktu dekat ini), sehingga bisa menjadi salah satu alternatif bagi investor dalam melakukan optimisasi portofolio investasi saham.

## **I.2 Tujuan**

Tujuan ditulisnya tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Menentukan portofolio *minimum variance* pada saham sebelum dan selama Pandemi Covid-19 di Indonesia.
2. Menentukan portofolio *optimum Mean-Variance* pada saham sebelum dan selama Pandemi Covid-19 di Indonesia.
3. Menganalisis proporsi optimal dengan penambahan aset bebas risiko sebagai alternatif dalam penentuan portofolio investasi saham sebelum dan selama Pandemi Covid-19.
4. Menganalisis portofolio investasi saham sebelum dan selama Pandemi Covid-19.

## **I.3 Batasan Masalah**

Berdasarkan perumusan masalah, ruang lingkup penelitian tugas akhir ini dibatasi oleh beberapa hal, antara lain.

1. Tidak ada *short-selling*
2. Tidak ada pembagian dividen
3. *Return* diasumsikan berdistribusi normal
4. Nilai *riskfree rate* diasumsikan mengikuti nilai Suku Bunga BI

## BAB II OPTIMISASI PORTOFOLIO

Optimisasi portofolio merupakan sebuah proses untuk mencapai atau mendapatkan nilai optimal dari suatu portofolio saham. Optimisasi portofolio dibutuhkan untuk mengetahui saham apa saja yang sebaiknya dibeli dengan tujuan meminimalkan risiko dan memaksimalkan *return* saat berinvestasi. Pada tugas akhir ini, digunakan model portofolio Markowitz *Mean-Variance* yang dikembangkan oleh Markowitz (1952).

### II.1 Model Portofolio Markowitz

Teori portofolio modern dikembangkan oleh Harry Markowitz (1952) pada jurnal ilmiahnya berjudul *Portfolio Selection*. Pada saat ini banyak sekali pengembangan yang dilakukan oleh ilmuwan lain, namun model portofolio *Mean-Variance* dari Markowitz masih secara luas digunakan. Parameter yang digunakan dalam model portofolio Markowitz ini meliputi *return*, variansi yang mendefinisikan risiko, dan kovariansi.

#### II.1.1. Return Portofolio

*Return* merupakan keuntungan atau kerugian yang diperoleh dari suatu investasi. *Return* harian saham didefinisikan sebagai rasio dari selisih antara harga saham hari ini dan harga saham sebelumnya, yaitu

$$r_t = \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \quad (\text{II.1.1})$$

dengan  $P_t$  adalah harga saham saat  $t$  dan  $P_{t-1}$  adalah harga saham saat  $t - 1$ .

Persamaan (II.1.1) mempunyai keterbatasan yaitu tidak bersifat aditif. Sebagai contoh, jumlah *return* harian tidak sama dengan *return* mingguan seperti yang diperlihatkan ketaksamaan berikut.

$$\frac{P_2 - P_1}{P_1} + \frac{P_3 - P_2}{P_2} + \dots + \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \neq \frac{P_t - P_1}{P_1}$$

Akibat adanya keterbatasan tersebut, maka digunakan rumus *return* dengan pendekatan lain.

Perhatikan persamaan berikut.

$$1 + r_t = 1 + \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} = \frac{P_t}{P_{t-1}}$$

$$\ln(1 + r_t) = \ln\left(1 + \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}\right) \quad (\text{II.1.2})$$

Ketika  $r_t \approx 0$  maka

$$\begin{aligned} \ln(1 + r_t) &= \ln\left(1 + \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}}\right) \approx \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} = r_t \\ r_t &= \ln(1 + r_t) = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \end{aligned} \quad (\text{II.1.3})$$

Persamaan diatas bersifat aditif karena

$$\begin{aligned} \ln\left(\frac{P_2}{P_1} \times \frac{P_3}{P_2} \times \dots \times \frac{P_t}{P_{t-1}}\right) &= \ln\left(\frac{P_t}{P_1}\right) \\ \ln\left(\frac{P_2}{P_1}\right) + \ln\left(\frac{P_3}{P_2}\right) + \dots + \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) &= \ln\left(\frac{P_t}{P_1}\right) \end{aligned}$$

Sehingga pada tugas akhir ini digunakan persamaan:

$$r_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad (\text{II.1.4})$$

Data saham perusahaan diunduh pada situs yahoo.finance dan dihitung *return* kemudian disusun dalam tabel seperti berikut.

| Periode ke- | Saham ke-1 | Saham ke-2 | ...      | Saham ke-n |
|-------------|------------|------------|----------|------------|
| Periode 1   | $r_{11}$   | $r_{12}$   | ...      | $r_{1m}$   |
| Periode 2   | $r_{21}$   | $r_{22}$   | ...      | $r_{2m}$   |
| $\vdots$    | $\vdots$   | $\vdots$   | $\ddots$ | $\vdots$   |
| Periode m   | $r_{m1}$   | $r_{m2}$   | ...      | $r_{nm}$   |

Rata-rata saham ke- $i$  didefinisikan dengan

$$\mu_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m r_{ij} \quad (\text{II.1.5})$$

Sedangkan *return* per periode didefinisikan sebagai

$$\mu_j = \sum_{i=1}^n r_{ij} x_i \quad (\text{II.1.6})$$

Ekspektasi *return* didefinisikan dengan

$$\mu_p = \sum_{i=1}^n \mu_i x_i$$



atau dalam bentuk matriks menjadi

$$\mu_p = \boldsymbol{\mu}^T \mathbf{x} \quad (\text{II.1.7})$$

dengan  $\mathbf{x} = x_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$  adalah proporsi saham ke- $i$  dengan  $\sum_{i=1}^n x_i = 1$  dan  $\boldsymbol{\mu} = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n)^T$  dan  $n$  adalah banyaknya saham.

### II.1.2. Risiko Portofolio

Dalam teori portofolio, risiko dinyatakan sebagai kemungkinan penyimpangan nilai yang terjadi pada *return*. Risiko dinyatakan sebagai standar deviasi ( $\sigma$ ) atau variansi ( $\sigma^2$ ).

Variansi *return* saham ke- $i$  didefinisikan dengan

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (r_{ij} - \mu_i)^2 \quad (\text{II.1.8})$$

Dan kovariansi *return* saham ke- $i$  dan *return* saham ke- $k$  adalah

$$\sigma_{ik} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m (r_{ij} - \mu_i)(r_{kj} - \mu_k) \quad (\text{II.1.9})$$

Dengan  $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $j = 1, 2, \dots, m$ , dan  $k = 1, 2, \dots, n$ .

Variansi dari portofolio didefinisikan dengan persamaan

$$\sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2 x_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \sigma_{ij} x_i x_j$$

atau

$$\sigma_p^2 = \mathbf{x}^T \mathbf{C} \mathbf{x} \quad (\text{II.1.10})$$

dengan

$$\mathbf{C} = \begin{pmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} & \dots & \sigma_{1n} \\ \sigma_{12} & \sigma_{22} & \dots & \sigma_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{1n} & \sigma_{2n} & \dots & \sigma_{nn} \end{pmatrix}$$

adalah matriks variansi-kovariansi *return*, dengan  $\sigma_{ik} = \rho_{ik} \sigma_i \sigma_k$ , dan  $\rho_{ik}$  adalah koefisien korelasi dari saham ke- $i$  dengan saham ke- $k$ ,  $i, k = 1, 2, \dots, n$ .

## II.2 Optimisasi Portofolio *Single-Objective*

Masalah optimisasi *single-objective* memiliki satu fungsi tujuan yang akan dicari nilai optimalnya. Pada optimisasi ini dilakukan optimisasi dengan meminimalkan risiko atau memaksimalkan *return* dengan kendala  $e^T x = 1$ .

### Meminimalkan risiko

Markowitz (1952) mendefinisikan masalah optimisasi portofolio untuk meminimalkan risiko sebagai berikut.

Misalkan investor menginginkan risiko yang minimum dengan target *return*  $\mu_p$  maka masalah tersebut dapat ditulis

$$\begin{aligned} \min \quad & x^T C x \\ \text{kendala} \quad & e^T x = 1 \\ & \mu_p = \mu^T x \end{aligned} \tag{II.2.1}$$

### Memaksimalkan *return*

Masalah memaksimalkan *return* didefinisikan sebagai berikut.

Misalkan investor menginginkan *return* yang maksimal dengan target risiko  $\sigma_p^2$  maka masalah tersebut dapat ditulis

$$\begin{aligned} \min \quad & -\mu^T x \\ \text{kendala} \quad & e^T x = 1 \\ & \sigma_p^2 = x^T C x \end{aligned} \tag{II.2.2}$$

Setiap masalah optimisasi di atas dapat dilihat bahwa proporsi saham  $x_i$  dapat bernilai negatif yang mengakibatkan terjadinya *short-selling*. *Short-selling* merupakan aksi menjual saham tanpa harus memiliki sahamnya terlebih dahulu dengan cara meminjam saham dari investor lain dan hal ini sangat dilarang di Indonesia. Menghindari hal tersebut, maka ditambahkan kendala  $x_i \geq 0$  dengan  $i = 1, 2, \dots, n$  sehingga masalah optimisasi meminimalkan risiko menjadi

$$\min \quad \mathbf{x}^T \mathbf{C} \mathbf{x} \quad (\text{II.2.3})$$

$$\text{kendala} \quad \mathbf{e}^T \mathbf{x} = 1$$

$$\mu_p = \boldsymbol{\mu}^T \mathbf{x}$$

$$x_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

dan untuk masalah optimisasi memaksimalkan *return* menjadi

$$\min \quad -\boldsymbol{\mu}^T \mathbf{x} \quad (\text{II.2.4})$$

$$\text{kendala} \quad \mathbf{e}^T \mathbf{x} = 1$$

$$\sigma_P^2 = \mathbf{x}^T \mathbf{C} \mathbf{x}$$

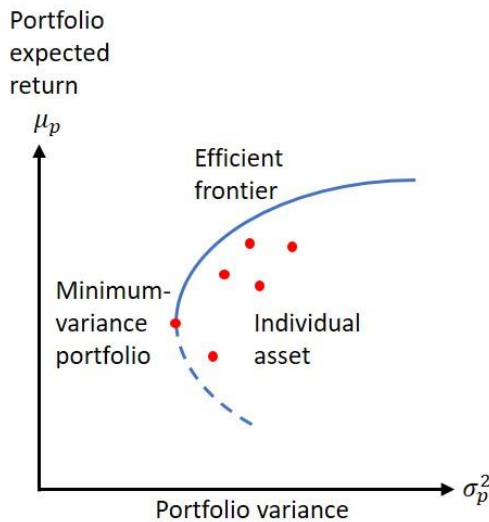
$$x_i \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

### II.3. Optimisasi Portofolio *Multi-Objective*

Tidak seperti sebelumnya yang hanya menitikberatkan pada satu fungsi objektif saja yaitu meminimalkan risiko atau memaksimalkan *return*. Pada masalah optimisasi *multi-objective* ini akan dilakukan optimisasi lebih dari satu fungsi objektif secara bersamaan. Untuk kasus optimisasi portofolio, akan dicari solusi optimal dari meminimalkan risiko sekaligus memaksimalkan *return*.

#### II.3.1 *Efficient Frontier*

*Efficient Frontier* (EF) adalah grafik yang menggambarkan sekumpulan portofolio yang memaksimalkan *return* dari setiap level risiko portofolio.



Gambar 1. *Efficient Frontier*

Masalah penentuan optimisasi portofolio yang menghasilkan portofolio efisien, dirumuskan sebagai berikut.

Misalkan  $t$  suatu parameter dan perhatikan masalah

$$\text{Min } \{-t \boldsymbol{\mu}^T \mathbf{x} + \frac{1}{2} \mathbf{x}^T \mathbf{C} \mathbf{x} \mid \mathbf{e}^T \mathbf{x} = 1\} \quad (\text{II.3.1})$$

Suatu portofolio disebut *parametric-efficient* jika portofolio tersebut merupakan solusi dari masalah (II.3.1) untuk suatu nilai parameter  $t$  yang tak negatif.

Perhatikan bahwa kondisi keoptimalan masalah (II.3.1) diberikan oleh

$$t \boldsymbol{\mu} - \mathbf{C} \mathbf{x} = u \mathbf{e} \text{ dan } \mathbf{e}^T \mathbf{x} = 1 \quad (\text{II.3.2})$$

dengan  $u$  merupakan pengali Lagrange.

Solusi persamaan (II.3.2) adalah

$$\mathbf{x} = -u \mathbf{C}^{-1} \mathbf{e} + t \mathbf{C}^{-1} \boldsymbol{\mu} \quad (\text{II.3.3})$$

Selanjutnya dengan menggunakan kendala pada (II.3.2) didapat

$$\mathbf{e}^T \mathbf{x} = 1 = -u \mathbf{e}^T \mathbf{C}^{-1} \mathbf{e} + t \mathbf{e}^T \mathbf{C}^{-1} \boldsymbol{\mu}$$

yang memberikan solusi untuk pengali Lagrange  $u$

$$u = \frac{-1}{\mathbf{e}^T \mathbf{C}^{-1} \mathbf{e}} + t \frac{\mathbf{e}^T \mathbf{C}^{-1} \boldsymbol{\mu}}{\mathbf{e}^T \mathbf{C}^{-1} \mathbf{e}}$$

Substitusikan hasil  $u$  tersebut ke vektor  $\mathbf{x}$ , diperoleh portofolio yang efisien sebagai fungsi linear dari parameter  $t$  :

$$\mathbf{x} \equiv \mathbf{x}(t) = \frac{\mathbf{C}^{-1} \mathbf{e}}{\mathbf{e}^T \mathbf{C}^{-1} \mathbf{e}} + t \left( \mathbf{C}^{-1} \boldsymbol{\mu} - \frac{\mathbf{e}^T \mathbf{C}^{-1} \boldsymbol{\mu}}{\mathbf{e}^T \mathbf{C}^{-1} \mathbf{e}} \mathbf{C}^{-1} \mathbf{e} \right) \quad (\text{II.3.4}) /$$

(EF1)

Perhatikan  $\mathbf{e}^T \mathbf{C}^{-1} \mathbf{e}$  dan  $\mathbf{e}^T \mathbf{C}^{-1} \boldsymbol{\mu}$  adalah skalar-skalar, sedangkan  $\mathbf{C}^{-1} \mathbf{e}$  dan  $\mathbf{C}^{-1} \boldsymbol{\mu}$  adalah vektor-vektor.

Selanjutnya dengan menuliskan  $\mathbf{h}_0 = \frac{\mathbf{C}^{-1} \mathbf{e}}{\mathbf{e}^T \mathbf{C}^{-1} \mathbf{e}}$  dan  $\mathbf{h}_1 = \mathbf{C}^{-1} \boldsymbol{\mu} - \frac{\mathbf{e}^T \mathbf{C}^{-1} \boldsymbol{\mu}}{\mathbf{e}^T \mathbf{C}^{-1} \mathbf{e}} \mathbf{C}^{-1} \mathbf{e}$

diperoleh

$$\mathbf{x}(t) = \mathbf{h}_0 + t \mathbf{h}_1 \quad (\text{II.3.5})$$

*Return* dan variansi portofolio sebagai fungsi dari  $t$  :

$$\mu_P = \boldsymbol{\mu}^T \mathbf{x}(t) = \boldsymbol{\mu}^T \mathbf{h}_0 + t \boldsymbol{\mu}^T \mathbf{h}_1 \quad (\text{II.3.6})$$

dan

$$\begin{aligned} \sigma_P^2 &= (\mathbf{h}_0 + t \mathbf{h}_1)^T \mathbf{C} (\mathbf{h}_0 + t \mathbf{h}_1) \\ &= \mathbf{h}_0^T \mathbf{C} \mathbf{h}_0 + 2 t \mathbf{h}_1^T \mathbf{C} \mathbf{h}_0 + t^2 \mathbf{h}_1^T \mathbf{C} \mathbf{h}_1 \end{aligned} \quad (\text{II.3.7})$$

Tulis  $\alpha_0 = \boldsymbol{\mu}^T \mathbf{h}_0$ ,  $\alpha_1 = \boldsymbol{\mu}^T \mathbf{h}_1$ ,  $\beta_0 = \mathbf{h}_0^T \mathbf{C} \mathbf{h}_0$ ,  $\beta_1 = \mathbf{h}_1^T \mathbf{C} \mathbf{h}_0$ ,  $\beta_2 = \mathbf{h}_1^T \mathbf{C} \mathbf{h}_1$   
maka :  $\mu_P = \alpha_0 + \alpha_1 t$  dan  $\sigma_P^2 = \beta_0 + 2 \beta_1 t + \beta_2 t^2$   
sehingga  $t$  dan  $t^2$  dapat dinyatakan sebagai

$$t = \frac{(\mu_P - \alpha_0)}{\alpha_1} \text{ dan } t^2 = \frac{(\sigma_P^2 - \beta_0)}{\beta_2} \quad \text{(II.3.8) / (EF2)}$$

Dengan mengeliminasi  $t$ , diperoleh hubungan antara variansi dan *return* portofolio sebagai:

$$\sigma_P^2 - \beta_0 = (\mu_P - \alpha_0)^2 / \alpha_1 \quad \text{(II.3.9)}$$

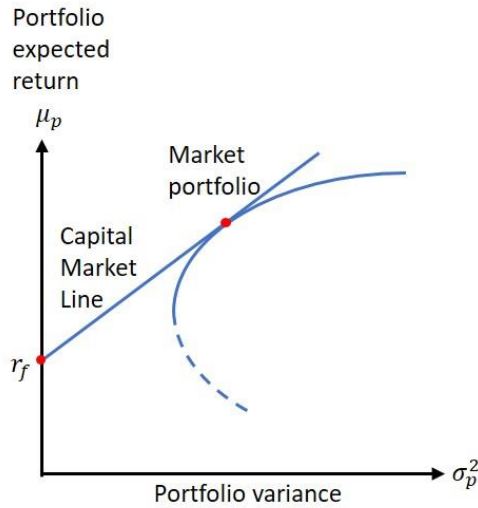
dengan  $\alpha_0 = \boldsymbol{\mu}^T \mathbf{h}_0$ ,  $\alpha_1 = \boldsymbol{\mu}^T \mathbf{h}_1$ ,  $\beta_0 = \mathbf{h}_0^T \mathbf{C} \mathbf{h}_0$  Persamaan diatas memperlihatkan hubungan antara variansi ( $\sigma_P^2$ ) dan ekspektasi *return* ( $\mu_P$ ) untuk portofolio yang efisien dan disebut sebagai *efficient frontier*. Grafik dari  $\sigma_P^2$  terhadap  $\mu_P$  berupa suatu kurva parabola.

Perhatikan, jika  $t = 0$ , maka masalah (II.3.1) menjadi masalah meminimalkan variansi portofolio dengan kendala *budget*. Portofolio yang dihasilkan disebut *global minimum variance portfolio*, maka  $\mathbf{h}_0$  merupakan *minimum variance portfolio*, sedangkan  $\alpha_0$  dan  $\beta_0$  merupakan ekspektasi *return* dan variansi dari *minimum variance portfolio*.

### II.3.2. Capital Market Line

Capital Market Line (CML) adalah sebuah garis yang menghubungkan antara titik *riskfree rate* dengan titik portofolio efisien tertentu.

*Riskfree Rate* adalah tingkat *return* investasi dengan pembayaran terjadwal selama periode waktu tetap yang diasumsikan memenuhi semua kewajiban pembayaran.



Gambar 2. Capital Market Line

Perhatikan portofolio yang terdiri atas  $n$  saham dan 1 aset bebas risiko yang memiliki variansi nol dan kovariansi nol terhadap masing-masing saham. Contoh aset bebas risiko adalah deposito atau obligasi.

Misalkan :  $x_{n+1}$  proporsi dana yang diinvestasikan pada aset bebas risiko dan  $r_f$  *return* dari aset bebas risiko.

Ekspektasi *return* dari portofolio diberikan oleh :

$$\begin{aligned}\mu_p &= \mu_1 x_1 + \mu_2 x_2 + \cdots + \mu_n x_n + r_f x_{n+1} \\ &= (\boldsymbol{\mu}^T \quad r_f) \begin{pmatrix} \mathbf{x} \\ x_{n+1} \end{pmatrix}\end{aligned}\quad (\text{II.3.10})$$

dan variansi dari portofolio diberikan oleh :

$$\sigma_p^2 = \mathbf{x}^T \mathbf{C} \mathbf{x} = \begin{pmatrix} \mathbf{x} \\ x_{n+1} \end{pmatrix}^T \begin{bmatrix} \mathbf{C} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0}^T & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{x} \\ x_{n+1} \end{pmatrix} \quad (\text{II.3.11})$$

Matriks kovariansi untuk masalah berdimensi  $n + 1$  ini diberikan oleh  $\begin{bmatrix} \mathbf{C} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0}^T & 0 \end{bmatrix}$  yang merupakan matriks semidefinit positif, sementara matriks kovariansi untuk masalah  $n$  saham yaitu  $\mathbf{C}$  diasumsikan merupakan matriks yang definit positif.

Portofolio yang efisien yang dicari merupakan solusi dari masalah :

$$\begin{aligned} \text{minimumkan : } & -t \begin{pmatrix} \boldsymbol{\mu}^T & r_f \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{x} \\ x_{n+1} \end{pmatrix} + \frac{1}{2} \begin{pmatrix} \mathbf{x} \\ x_{n+1} \end{pmatrix}^T \begin{bmatrix} \mathbf{C} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0}^T & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{x} \\ x_{n+1} \end{pmatrix} \\ \text{kendala : } & \mathbf{e}^T \mathbf{x} + x_{n+1} = 1 \end{aligned} \quad (\text{II.3.12})$$

Kondisi optimal untuk masalah diatas diberikan oleh :

$$\begin{aligned} t \begin{pmatrix} \boldsymbol{\mu} \\ r_f \end{pmatrix} - \begin{bmatrix} \mathbf{C} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0}^T & 0 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{x} \\ x_{n+1} \end{pmatrix} &= u \begin{pmatrix} \mathbf{e} \\ 1 \end{pmatrix} \\ \text{dan } \mathbf{e}^T \mathbf{x} + x_{n+1} &= 1 \end{aligned} \quad (\text{II.3.13})$$

Dari persamaan (II.3.13) diperoleh:  $u = t r_f$  dan  $\mathbf{C} \mathbf{x} = t (\boldsymbol{\mu} - r_f \mathbf{e})$ ,

Karena  $\mathbf{C}$  definit positif maka  $\mathbf{C}$  juga tak singular, maka diperoleh komposisi yang efisien untuk aset saham sebagai

$$\mathbf{x} \equiv \mathbf{x}(t) = t \mathbf{C}^{-1} (\boldsymbol{\mu} - r_f \mathbf{e}) \quad (\text{II.3.14})$$

sementara proporsi investasi yang efisien untuk aset bebas risiko diberikan oleh

$$x_{n+1} \equiv x_{n+1}(t) = 1 - t \mathbf{e}^T \mathbf{C}^{-1} (\boldsymbol{\mu} - r_f \mathbf{e}) \quad (\text{II.3.15})$$



#### II.4. Algoritma *Portfolio Optimization* (*portopt*)

**Langkah 0:** Masukan  $\mu$  dan  $C$ , tentukan bilangan  $m \in \mathbb{N}, m \geq 2$  yang menyatakan banyaknya portofolio.

##### **Langkah 1: Inisiasi**

- Hitung  $\mu_p \min$  (atau  $\alpha_0$ ) dari portofolio *minimum variance* (saat  $t = 0$ )
- Hitung delta  $\mu_p = (\mu_p \max - \mu_p \min) / m$
- Hitung proporsi  $x$  *minimum variance* dengan persamaan (II.3.4)
- Untuk  $i = 1$  sampai  $length(\mu)$   
Jika :  $x_i < 0$  maka delete  $x$  ke  $i$ .

Untuk  $k = 2$  sampai  $m$

##### **Langkah 2: Menentukan $\mu_p$ yang diberikan**

- Hitung  $\mu_p = \mu_p + \text{delta } \mu_p$

##### **Langkah 3: Menentukan nilai $t$**

- Hitung  $t = (\mu_p - \alpha_0) / \alpha_1$  dengan persamaan (II.3.8)

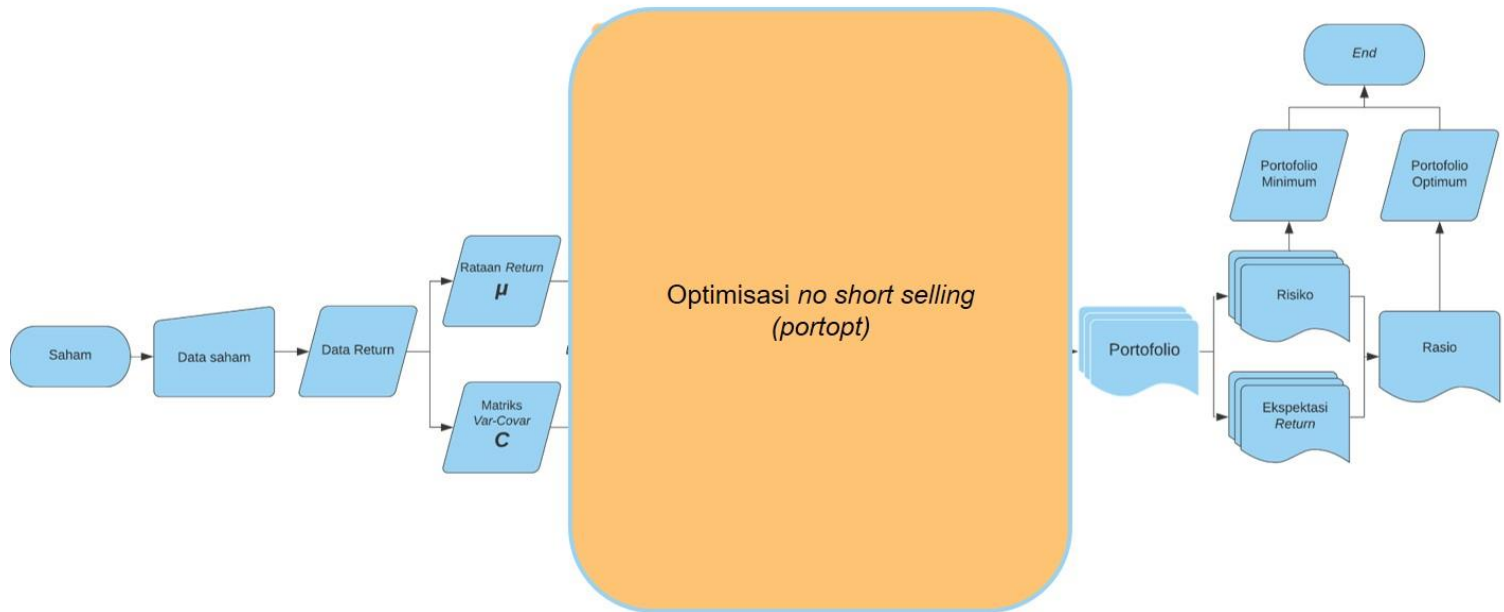
##### **Langkah 4: Menentukan portofolio $x$**

- Hitung proporsi  $x$  dengan persamaan (II.3.4)
- Untuk  $i = 1$  sampai  $length(\mu)$   
Jika :  $x_i < 0$  maka delete  $x$  ke  $i$ .

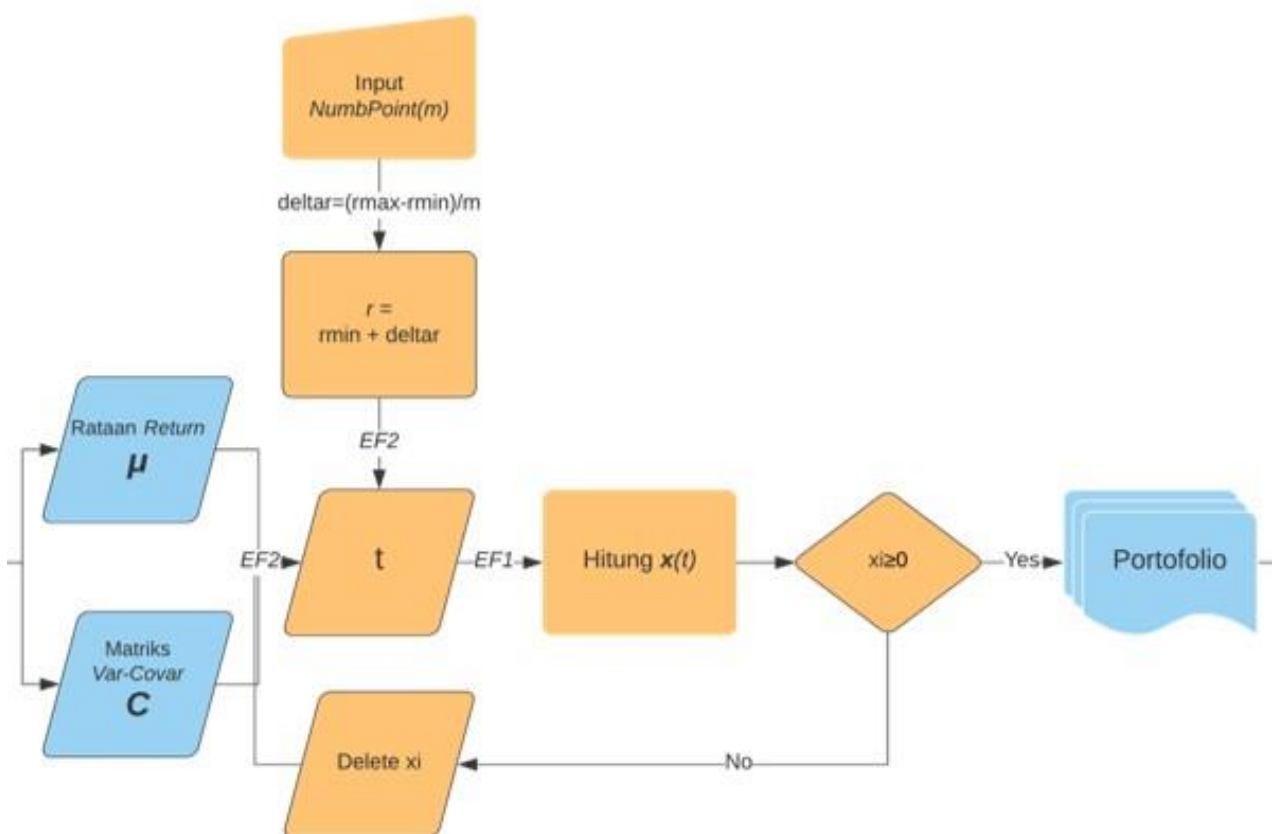
##### **Langkah 5: Menentukan Risiko Portofolio**

- Hitung  $\sigma_p^2$  dengan persamaan (II.3.6)

Berikut flowchart proses optimisasi portofolio dan algoritma *portopt* pada tugas akhir ini.



Gambar 3. Flowchart optimisasi portofolio.



Gambar 4. Flowchart algoritma *portopt*

## **BAB III PENGOLAHAN DATA**

### **III.1 Pengolahan Data Saham Sebelum dan Selama Pandemi Covid-19**

Data saham dalam obyek penelitian ini adalah data saham yang diperdagangkan pada pasar modal melalui Bursa Efek Indonesia (BEI) dari berbagai sektor yang berbeda. Data historis harian diakses melalui website <http://finance.yahoo.com> terdiri 5 perusahaan dengan periode:

1. Sebelum Pandemi Covid-19 : 1 Januari 2019 – 31 Desember 2019.
2. Setelah Pandemi Covid-19 : 1 Maret 2020 – 31 Mei 2021

Dipilih 5 perusahaan yang dinilai cukup baik dalam sektornya masing-masing , yaitu :

1. Sektor Indutri Barang Konsumsi : PT. Indofood CBP Sukses Makmur Tbk. (ICBP)
2. Sektor Jasa Transportasi : PT. Garuda Indonesia Tbk. (GIAA)
3. Sektor Jasa Keuangan : PT. Bank Central Asia Tbk. (BBCA)
4. Sektor Pertambangan : PT. Aneka Tambang Tbk. (ANTM)
5. Sektor Kesehatan dan Farmasi : PT. Kalbe Farma Tbk. (KLBF)

Selanjutnya dengan menggunakan bantuan software Microsift Excel, dilakukan pengolahan data saham perusahaan tersebut untuk menentukan rata-rata *return* ( $\mu_i$ ), variansi *return* ( $\sigma_i^2$ ), rasio antara rata-rata dengan variansi *return* ( $\mu_i/\sigma_i^2$ ), dan matriks variansi-covariansi ( $C$ ). Berikut data hasil pengolahan:

|                      | ICBP       | GIAA       | BBCA        | ANTM       | KLBF       |
|----------------------|------------|------------|-------------|------------|------------|
| $(\mu_i)$            | 0.00025229 | 0.00199808 | 0.00097746  | 0.00036391 | 0.00024792 |
| $(\sigma_i^2)$       | 0.00019116 | 0.00152510 | 0.00009063  | 0.00069368 | 0.00025452 |
| $(\mu_i/\sigma_i^2)$ | 1.31973999 | 1.31013307 | 10.78548233 | 0.52461293 | 0.97406157 |

Tabel 1. Rata-rata *return*, variansi, dan rasio rata-rata dengan variansi *return* dari kelima perusahaan pada saham sebelum Pandemi Covid-19.

|                      | ICBP        | GIAA       | BBCA       | ANTM       | KLBF       |
|----------------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| $(\mu_i)$            | -0.00074925 | 0.00023053 | 0.00014099 | 0.00483604 | 0.00062794 |
| $(\sigma_i^2)$       | 0.00046874  | 0.00147253 | 0.00051831 | 0.00216441 | 0.00079345 |
| $(\mu_i/\sigma_i^2)$ | -1.59844000 | 0.15655498 | 0.27201662 | 2.23434902 | 0.79139687 |

Tabel 2. Rata-rata *return*, variansi, dan rasio rata-rata dengan variansi *return* dari kelima perusahaan pada selama Pandemi Covid-19.

Selanjutnya ditentukan nilai variansi dan kovariansi antar saham, seperti dirangkum dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

|      | ICBP       | GIAA        | BBCA        | ANTM       | KLBF       |
|------|------------|-------------|-------------|------------|------------|
| ICBP | 0.00019116 | 0.00000960  | 0.00003402  | 0.00005939 | 0.00005978 |
| GIAA | 0.00000960 | 0.00152507  | -0.00000165 | 0.00026464 | 0.00000224 |
| BBCA | 0.00003402 | -0.00000165 | 0.00009063  | 0.00004016 | 0.00007173 |
| ANTM | 0.00005939 | 0.00026464  | 0.00004016  | 0.00069367 | 0.00009083 |
| KLBF | 0.00005978 | 0.00000224  | 0.00007173  | 0.00009083 | 0.00025452 |

Tabel 3. Variansi dan kovariansi antar saham sebelum Pandemi Covid-19.

|      | ICBP       | GIAA       | BBCA       | ANTM       | KLBF       |
|------|------------|------------|------------|------------|------------|
| ICBP | 0.00046873 | 0.00028334 | 0.00021452 | 0.00034159 | 0.00021912 |
| GIAA | 0.00028334 | 0.00147249 | 0.00032610 | 0.00079802 | 0.00029164 |
| BBCA | 0.00021452 | 0.00032610 | 0.00051830 | 0.00044102 | 0.00025250 |
| ANTM | 0.00034159 | 0.00079802 | 0.00044102 | 0.00216436 | 0.00032394 |
| KLBF | 0.00021912 | 0.00029164 | 0.00025250 | 0.00032394 | 0.00079343 |

Tabel 4. Variansi dan kovariansi antar saham selama Pandemi Covid-19.

Dari 5 (lima) saham pada Tabel 1 dan 2, dari nilai rata-rata *return*  $\mu_i$  dibentuk vektor transpose rata-rata *return*

$$\mu^T = (0.00025229 \quad 0.00199808 \quad 0.00097746 \quad 0.00036391 \quad 0.00024792)$$

untuk saham sebelum Pandemi Covid-19, dan

$$\mu^T = (-0.00074925 \quad 0.00023053 \quad 0.00014099 \quad 0.00483604 \quad 0.00062794)$$

untuk saham selama Pandemi Covid-19.

Kemudian dibentuk vektor transpose satuan  $e^T = (1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1)$ . Selanjutnya dari Tabel 3 dan Tabel 4 nilai variansi dan kovariansi antar saham digunakan untuk membentuk matriks variansi-kovariansi  $C$ .

Matriks variansi-kovariansi  $C$  dan invers matriks variansi-kovariansi  $C^{-1}$  dinyatakan sebagai berikut:

$$C = \begin{bmatrix} 0.00019116 & 0.00000960 & 0.00003402 & 0.00005939 & 0.00005978 \\ 0.00000960 & 0.00152507 & -0.00000165 & 0.00026464 & 0.00000224 \\ 0.00003402 & -0.00000165 & 0.00009063 & 0.00004016 & 0.00007173 \\ 0.00005939 & 0.00026464 & 0.00004016 & 0.00069367 & 0.00009083 \\ 0.00005978 & 0.00000224 & 0.00007173 & 0.00009083 & 0.00025452 \end{bmatrix}$$

dan

$$C^{-1} = \begin{bmatrix} 5844.264542 & 17.391352 & -1360.109227 & -313.338504 & -877.768531 \\ 17.391352 & 704.850476 & 77.377536 & -283.942844 & 69.231998 \\ -1360.109227 & 77.377536 & 14592.957220 & -516.7607134 & -3695.897233 \\ -313.338504 & -283.942844 & -516.7607134 & 1649.642550 & -435.409452 \\ -877.768531 & 69.231998 & -3695.897233 & -435.409452 & 5331.481269 \end{bmatrix}$$

Sedangkan untuk saham selama Pandemi Covid-19 didapat

$$C = \begin{bmatrix} 0.00046873 & 0.00028334 & 0.00021452 & 0.00034159 & 0.00021912 \\ 0.00028334 & 0.00147249 & 0.00032610 & 0.00079802 & 0.00029164 \\ 0.00021452 & 0.00032610 & 0.00051830 & 0.00044102 & 0.00025250 \\ 0.00034159 & 0.00079802 & 0.00044102 & 0.00216436 & 0.00032394 \\ 0.00021912 & 0.00029164 & 0.00025250 & 0.00032394 & 0.00079343 \end{bmatrix}$$

dan

$$C^{-1} = \begin{bmatrix} 2919.872161 & -228.516148 & -714.675207 & -167.080569 & -426.7035500 \\ -228.516148 & 926.568260 & -230.605787 & -242.874919 & -104.920337 \\ -714.675207 & -230.605787 & 2884.801253 & -314.010925 & -507.730041 \\ -167.080569 & -242.874919 & -314.010925 & 646.198069 & -28.484667 \\ -426.7035500 & -104.920337 & -507.730041 & -28.484667 & 1589.957953 \end{bmatrix}$$

Selanjutnya, invers matriks variansi-kovariansi  $C^{-1}$  digunakan untuk proses perhitungan komposisi bobot portofolio efisien pada dua model dengan menggunakan bantuan software Matlab.

### III.2. Proses Optimisasi Portofolio *Mean-Variance* Tanpa Aset Bebas Risiko

Persoalan optimisasi portofolio *Mean-Variance* tanpa aset bebas risiko disusun merujuk pada persamaan solusi optimal *Efficient Frontier*. Menggunakan vektor  $\mu^T$  dan  $e^T$  serta matriks  $C^{-1}$ , selanjutnya vektor bobot  $x$  dihitung dengan menggunakan algoritma *portopt* menggunakan software matlab dengan nilai  $m = 30$  dengan syarat  $e^T x = 1$  dan  $x \geq 0$ . Setelah didapatkan ekspektasi *return* dan variansi dari setiap portofolio kemudian dihitung rasio *Mean-Variance* untuk menentukan proporsi terbaik.

Berikut hasil penghitungan komposisi bobot portofolio efisien diberikan dalam Tabel 5 dan Tabel 6.

| t           | ICBP          | GIAA          | BBCA          | ANTM          | KLBF          | $\mathbf{e}^T \mathbf{x}$ | $\mu_P$           | $\sigma_P^2$      | $\mu_P/\sigma_P^2$ |
|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 0.00        | 0.2370        | 0.0419        | 0.6686        | 0.0246        | 0.0280        | 1                         | 0.00081282        | 0.00007158        | 11.35511362        |
| 0.01        | 0.2159        | 0.0487        | 0.7091        | 0.0194        | 0.0069        | 1                         | 0.00085369        | 0.00007188        | 11.87584679        |
| 0.02        | 0.1859        | 0.0576        | 0.7454        | 0.0112        | 0.0000        | 1                         | 0.00089456        | 0.00007285        | 12.28026995        |
| 0.10        | 0.1514        | 0.0673        | 0.7797        | 0.0016        | 0.0000        | 1                         | 0.00093543        | 0.00007463        | 12.53405635        |
| <b>0.04</b> | <b>0.1096</b> | <b>0.0767</b> | <b>0.8137</b> | <b>0.0000</b> | <b>0.0000</b> | <b>1</b>                  | <b>0.00097631</b> | <b>0.00007730</b> | <b>12.62983500</b> |
| 0.05        | 0.0663        | 0.0860        | 0.8477        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00101718        | 0.00008094        | 12.56687033        |
| 0.06        | 0.0231        | 0.0953        | 0.8816        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00105805        | 0.00008555        | 12.36730459        |
| 0.10        | 0.0000        | 0.1190        | 0.8810        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00109892        | 0.00009159        | 11.99759146        |
| 0.16        | 0.0000        | 0.1590        | 0.8410        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00113979        | 0.00010223        | 11.14912096        |
| 0.23        | 0.0000        | 0.1991        | 0.8009        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00118066        | 0.00011806        | 10.00048954        |
| 0.29        | 0.0000        | 0.2391        | 0.7609        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00122153        | 0.00013908        | 8.78283172         |
| 0.35        | 0.0000        | 0.2792        | 0.7208        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00126240        | 0.00016530        | 7.63723575         |
| 0.42        | 0.0000        | 0.3192        | 0.6808        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00130327        | 0.00019670        | 6.62561518         |
| 0.48        | 0.0000        | 0.3593        | 0.6407        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00134414        | 0.00023330        | 5.76140973         |
| 0.54        | 0.0000        | 0.3993        | 0.6007        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00138502        | 0.00027509        | 5.03471901         |
| 0.61        | 0.0000        | 0.4394        | 0.5606        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00142589        | 0.00032208        | 4.42715990         |
| 0.67        | 0.0000        | 0.4794        | 0.5206        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00146676        | 0.00037425        | 3.91915322         |
| 0.73        | 0.0000        | 0.5195        | 0.4805        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00150763        | 0.00043162        | 3.49293018         |
| 0.80        | 0.0000        | 0.5595        | 0.4405        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00154850        | 0.00049418        | 3.13344368         |
| 0.86        | 0.0000        | 0.5995        | 0.4005        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00158937        | 0.00056194        | 2.82836936         |
| 0.92        | 0.0000        | 0.6396        | 0.3604        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00163024        | 0.00063489        | 2.56777215         |
| 0.99        | 0.0000        | 0.6796        | 0.3204        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00167111        | 0.00071302        | 2.34369453         |
| 1.05        | 0.0000        | 0.7197        | 0.2803        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00171198        | 0.00079636        | 2.14976967         |
| 1.11        | 0.0000        | 0.7597        | 0.2403        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00175285        | 0.00088488        | 1.98089276         |
| 1.18        | 0.0000        | 0.7998        | 0.2002        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00179373        | 0.00097860        | 1.83295446         |
| 1.24        | 0.0000        | 0.8398        | 0.1602        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00183460        | 0.00107751        | 1.70263009         |
| 1.31        | 0.0000        | 0.8799        | 0.1201        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00187547        | 0.00118161        | 1.58721452         |
| 1.37        | 0.0000        | 0.9199        | 0.0801        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00191634        | 0.00129090        | 1.48449363         |
| 1.43        | 0.0000        | 0.9600        | 0.0400        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00195721        | 0.00140539        | 1.39264427         |
| NA          | 0.0000        | 1.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00199808        | 0.00152507        | 1.31015626         |

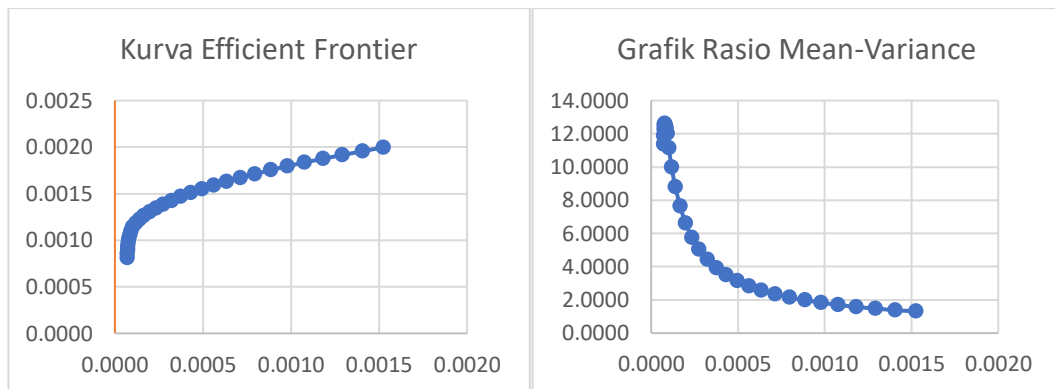
Tabel 5. Proses optimisasi portofolio *Mean-Variance* tanpa aset bebas risiko pada saham sebelum pandemi-Covid-19.

| t           | ICBP          | GIAA          | BBCA          | ANTM          | KLBF          | $\mathbf{e}^T \mathbf{x}$ | $\mu_P$           | $\sigma_P^2$      | $\mu_P/\sigma_P^2$ |
|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 0.00        | 0.4490        | 0.0264        | 0.3532        | 0.0000        | 0.1714        | 1                         | -0.00017290       | 0.00033127        | -0.52193078        |
| 0.02        | 0.3987        | 0.0231        | 0.3572        | 0.0247        | 0.1963        | 1                         | -0.00000018       | 0.00033594        | -0.00052396        |
| 0.03        | 0.3699        | 0.0148        | 0.3517        | 0.0549        | 0.2087        | 1                         | 0.00017255        | 0.00034429        | 0.50115895         |
| 0.04        | 0.3412        | 0.0065        | 0.3462        | 0.0852        | 0.2210        | 1                         | 0.00034527        | 0.00035602        | 0.96981276         |
| 0.05        | 0.3116        | 0.0000        | 0.3400        | 0.1152        | 0.2332        | 1                         | 0.00051799        | 0.00037111        | 1.39577988         |
| 0.06        | 0.2789        | 0.0000        | 0.3317        | 0.1446        | 0.2449        | 1                         | 0.00069071        | 0.00038969        | 1.77248059         |
| 0.07        | 0.2461        | 0.0000        | 0.3233        | 0.1739        | 0.2566        | 1                         | 0.00086343        | 0.00041179        | 2.09678873         |
| 0.08        | 0.2134        | 0.0000        | 0.3150        | 0.2033        | 0.2683        | 1                         | 0.00103616        | 0.00043742        | 2.36880139         |
| 0.09        | 0.1807        | 0.0000        | 0.3066        | 0.2327        | 0.2800        | 1                         | 0.00120888        | 0.00046657        | 2.59096769         |
| 0.10        | 0.1480        | 0.0000        | 0.2982        | 0.2620        | 0.2918        | 1                         | 0.00138160        | 0.00049926        | 2.76731208         |
| 0.11        | 0.1153        | 0.0000        | 0.2899        | 0.2914        | 0.3035        | 1                         | 0.00155432        | 0.00053547        | 2.90274040         |
| 0.12        | 0.0825        | 0.0000        | 0.2815        | 0.3208        | 0.3152        | 1                         | 0.00172705        | 0.00057520        | 3.00248862         |
| 0.13        | 0.0498        | 0.0000        | 0.2731        | 0.3501        | 0.3269        | 1                         | 0.00189977        | 0.00061847        | 3.07172764         |
| 0.14        | 0.0171        | 0.0000        | 0.2648        | 0.3795        | 0.3386        | 1                         | 0.00207249        | 0.00066526        | 3.11530856         |
| <b>0.15</b> | <b>0.0000</b> | <b>0.0000</b> | <b>0.2421</b> | <b>0.4123</b> | <b>0.3456</b> | <b>1</b>                  | <b>0.00224521</b> | <b>0.00071573</b> | <b>3.13694833</b>  |
| 0.17        | 0.0000        | 0.0000        | 0.2037        | 0.4489        | 0.3473        | 1                         | 0.00241793        | 0.00077089        | 3.13655431         |
| 0.18        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1653        | 0.4855        | 0.3491        | 1                         | 0.00259066        | 0.00083091        | 3.11783579         |
| 0.19        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1270        | 0.5222        | 0.3509        | 1                         | 0.00276338        | 0.00089581        | 3.08478166         |
| 0.21        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0886        | 0.5588        | 0.3526        | 1                         | 0.00293610        | 0.00096557        | 3.04078237         |
| 0.22        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0503        | 0.5954        | 0.3544        | 1                         | 0.00310882        | 0.00104021        | 2.98865795         |
| 0.24        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0119        | 0.6320        | 0.3561        | 1                         | 0.00328154        | 0.00111971        | 2.93071309         |
| 0.26        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.6716        | 0.3284        | 1                         | 0.00345427        | 0.00120477        | 2.86715084         |
| 0.28        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.7127        | 0.2873        | 1                         | 0.00362699        | 0.00129748        | 2.79540776         |
| 0.30        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.7537        | 0.2463        | 1                         | 0.00379971        | 0.00139797        | 2.71801651         |
| 0.32        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.7948        | 0.2052        | 1                         | 0.00397243        | 0.00150625        | 2.63730721         |
| 0.35        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.8358        | 0.1642        | 1                         | 0.00414515        | 0.00162230        | 2.55510584         |
| 0.37        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.8769        | 0.1231        | 1                         | 0.00431788        | 0.00174614        | 2.47280908         |
| 0.39        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.9179        | 0.0821        | 1                         | 0.00449060        | 0.00187777        | 2.39145912         |
| 0.41        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.9590        | 0.0410        | 1                         | 0.00466332        | 0.00201717        | 2.31181225         |
| NA          | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 1.0000        | 0.0000        | 1                         | 0.00483604        | 0.00216436        | 2.23439862         |

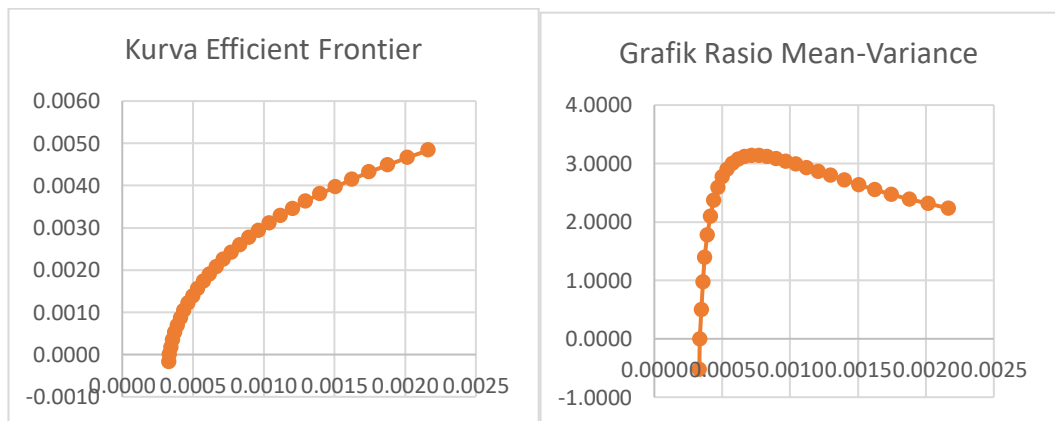
Tabel 6. Proses optimisasi portofolio *Mean-Variance* tanpa aset bebas risiko pada saham selama pandemi-Covid-19.



Serangkaian portofolio efisien berada pada permukaan efisien (*efficient frontier*). Menggunakan bantuan software Microsoft Excel, kemudian diplot ekspektasi *return* terhadap variansi (kurva *efficient frontier*) dan rasio antara ekspektasi *return* terhadap variansi tampak seperti pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Kurva *efficient frontier* dan rasio *Mean-Variance* tanpa aset bebas risiko pada saham sebelum Pandemi Covid-19.



Gambar 6. Kurva *efficient frontier* dan rasio *Mean-Variance* tanpa aset bebas risiko pada saham selama Pandemi Covid-19.

### III.3. Proses Optimisasi Portofolio *Mean-Variance* Dengan Aset Bebas Risiko

Misalkan investor mengalokasikan proporsi sebesar  $x_{n+1} = 10\%$  untuk diinvestasikan pada aset bebas risiko, yang memberikan ekspektasi *return* sebesar  $r_f$  per tahun atau setara dengan  $r_f/365$  per hari. Persoalan optimisasi portofolio *Mean-Variance* dengan aset bebas risiko disusun merujuk pada *Capital Market Line*. Menggunakan vektor  $\mu^T$  dan  $e^T$  serta matriks  $C^{-1}$ , vektor bobot  $x$  dihitung menggunakan cara yang sama dengan syarat  $e^T x + x_{n+1} = 1$  dan  $x \geq 0$ .

Sumber data *riskfree rate* bersumber dari tingkat suku bunga Bank Indonesia. Adapun data hasil tingkat *risk free*  $r_f$  adalah sebagai berikut:

| Variabel         | BI Rate     |
|------------------|-------------|
| Januari          | 6.00        |
| Februari         | 6.00        |
| Maret            | 6.00        |
| April            | 6.00        |
| Mei              | 6.00        |
| Juni             | 6.00        |
| Juli             | 5.75        |
| Agustus          | 5.50        |
| September        | 5.25        |
| Oktober          | 5.00        |
| November         | 5.00        |
| Desember         | 5.00        |
| <b>Rata-rata</b> | <b>5.63</b> |

Tabel 7. Hasil tingkat *Risk Free*  $r_f$  dari bulan Januari - Desember tahun 2019.

Source Url: <https://www.bps.go.id/indicator/13/379/2/bi-rate.html>

| <b>Variabel</b>  | <b>BI Rate</b> |
|------------------|----------------|
| Maret            | 4.50           |
| April            | 4.50           |
| Mei              | 4.50           |
| Juni             | 4.25           |
| Juli             | 4.00           |
| Agustus          | 4.00           |
| September        | 4.00           |
| Oktober          | 4.00           |
| November         | 3.75           |
| Desember         | 3.75           |
| Januari          | 3.75           |
| Februari         | 3.50           |
| Maret            | 3.50           |
| April            | 3.50           |
| Mei              | 3.50           |
| <b>Rata-rata</b> | <b>3.93</b>    |

Tabel 8. Hasil tingkat *Risk Free*  $r_f$  dari bulan Maret 2020 – Mei 2021.

Source Url: <https://www.bps.go.id/indicator/13/379/2/bi-rate.html>

Pada tabel 7 dan 8 di atas, hasil perhitungan  $r_f$  dari bulan Januari – Desember tahun 2019 dan  $r_f$  dari bulan Maret 2020 – Mei 2021, dapat diketahui bahwa rata-rata nilai *risk free* tahun 2019 adalah 5,63% pertahun sedangkan tahun 2020-2021 adalah 3,93% pertahun. Sehingga didapat nilai  $r_f$  yang digunakan pada perhitungan sebesar 0,00015425 % perhari untuk tahun 2019 dan 0,00011068 % untuk tahun 20-21.

Berikut hasil penghitungan proporsi portofolio efisien diberikan dalam Tabel 9 dan Tabel 10.

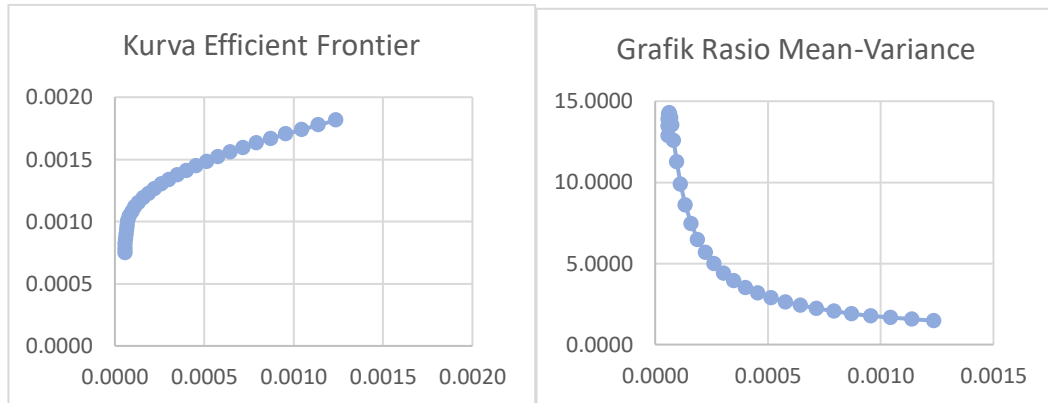
| t           | ICBP          | GIAA          | BBCA          | ANTM          | KLBF          | $x_{n+1}$  | sum      | $\mu_P$           | $\sigma_P^2$      | $\mu_P/\sigma_P^2$ |
|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 0.00        | 0.2133        | 0.0377        | 0.6017        | 0.0221        | 0.0252        | 0.1        | 1        | 0.00074696        | 0.00005798        | 12.88301082        |
| 0.01        | 0.1943        | 0.0439        | 0.6382        | 0.0174        | 0.0062        | 0.1        | 1        | 0.00078375        | 0.00005823        | 13.46054393        |
| 0.02        | 0.1673        | 0.0518        | 0.6709        | 0.0101        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00082053        | 0.00005900        | 13.90648702        |
| 0.10        | 0.1363        | 0.0606        | 0.7017        | 0.0014        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00085732        | 0.00006045        | 14.18230061        |
| <b>0.04</b> | <b>0.0986</b> | <b>0.0691</b> | <b>0.7323</b> | <b>0.0000</b> | <b>0.0000</b> | <b>0.1</b> | <b>1</b> | <b>0.00089410</b> | <b>0.00006261</b> | <b>14.27997923</b> |
| 0.05        | 0.0597        | 0.0774        | 0.7629        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00093088        | 0.00006556        | 14.19899972        |
| 0.06        | 0.0207        | 0.0858        | 0.7935        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00096767        | 0.00006929        | 13.96462413        |
| 0.10        | 0.0000        | 0.1071        | 0.7929        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00100445        | 0.00007419        | 13.53912742        |
| 0.16        | 0.0000        | 0.1431        | 0.7569        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00104124        | 0.00008280        | 12.57464569        |
| 0.23        | 0.0000        | 0.1792        | 0.7208        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00107802        | 0.00009563        | 11.27330053        |
| 0.29        | 0.0000        | 0.2152        | 0.6848        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00111480        | 0.00011265        | 9.89587017         |
| 0.35        | 0.0000        | 0.2513        | 0.6487        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00115159        | 0.00013389        | 8.60119695         |
| 0.42        | 0.0000        | 0.2873        | 0.6127        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00118837        | 0.00015933        | 7.45872576         |
| 0.48        | 0.0000        | 0.3233        | 0.5767        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00122516        | 0.00018897        | 6.48327253         |
| 0.54        | 0.0000        | 0.3594        | 0.5406        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00126194        | 0.00022282        | 5.66341221         |
| 0.61        | 0.0000        | 0.3954        | 0.5046        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00129872        | 0.00026088        | 4.97823030         |
| 0.67        | 0.0000        | 0.4315        | 0.4685        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00133551        | 0.00030314        | 4.40552300         |
| 0.73        | 0.0000        | 0.4675        | 0.4325        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00137229        | 0.00034961        | 3.92517012         |
| 0.80        | 0.0000        | 0.5036        | 0.3964        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00140907        | 0.00040029        | 3.52014922         |
| 0.86        | 0.0000        | 0.5396        | 0.3604        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00144586        | 0.00045517        | 3.17652729         |
| 0.92        | 0.0000        | 0.5756        | 0.3244        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00148264        | 0.00051426        | 2.88307810         |
| 0.99        | 0.0000        | 0.6117        | 0.2883        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00151943        | 0.00057755        | 2.63081370         |
| 1.05        | 0.0000        | 0.6477        | 0.2523        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00155621        | 0.00064505        | 2.41254536         |
| 1.11        | 0.0000        | 0.6838        | 0.2162        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00159299        | 0.00071675        | 2.22251094         |
| 1.18        | 0.0000        | 0.7198        | 0.1802        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00162978        | 0.00079267        | 2.05607329         |
| 1.24        | 0.0000        | 0.7558        | 0.1442        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00166656        | 0.00087278        | 1.90948157         |
| 1.31        | 0.0000        | 0.7919        | 0.1081        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00170335        | 0.00095711        | 1.77968458         |
| 1.37        | 0.0000        | 0.8279        | 0.0721        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00174013        | 0.00104563        | 1.66418548         |
| 1.43        | 0.0000        | 0.8640        | 0.0360        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00177691        | 0.00113837        | 1.56092873         |
| NA          | 0.0000        | 0.9000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00181370        | 0.00123531        | 1.46821192         |

Tabel 9. Proses optimisasi portofolio *Mean-Variance* dengan aset bebas risiko pada saham sebelum Pandemi Covid-19.

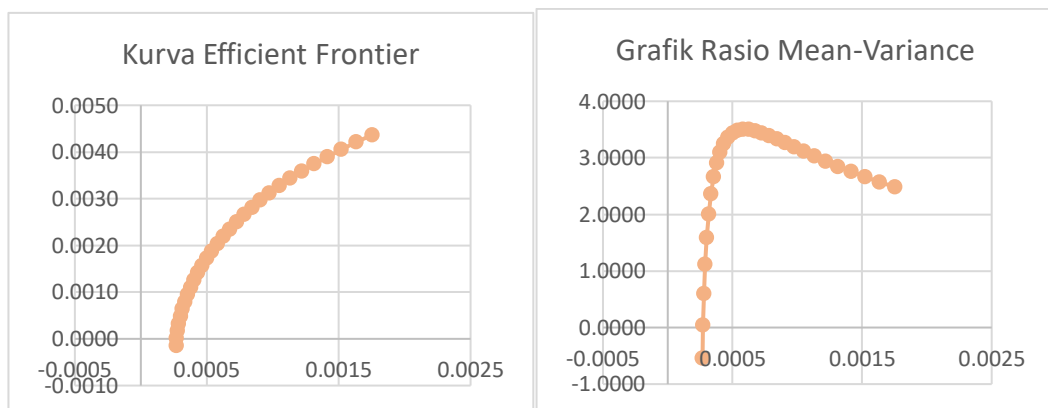
| t           | ICBP          | GIAA          | BBCA          | ANTM          | KLBF          | $x_{n+1}$  | sum      | $\mu_P$           | $\sigma_P^2$      | $\mu_P/\sigma_P^2$ |
|-------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|------------|----------|-------------------|-------------------|--------------------|
| 0.00        | 0.4041        | 0.0238        | 0.3179        | 0.0000        | 0.1543        | 0.1        | 1        | -0.00014483       | 0.00026833        | -0.53976331        |
| 0.02        | 0.3588        | 0.0208        | 0.3215        | 0.0223        | 0.1767        | 0.1        | 1        | 0.00001062        | 0.00027212        | 0.03901912         |
| 0.03        | 0.3329        | 0.0133        | 0.3165        | 0.0494        | 0.1878        | 0.1        | 1        | 0.00016607        | 0.00027888        | 0.59548419         |
| 0.04        | 0.3071        | 0.0059        | 0.3115        | 0.0766        | 0.1989        | 0.1        | 1        | 0.00032152        | 0.00028837        | 1.11493781         |
| 0.05        | 0.2804        | 0.0000        | 0.3060        | 0.1037        | 0.2099        | 0.1        | 1        | 0.00047697        | 0.00030060        | 1.58671335         |
| 0.06        | 0.2510        | 0.0000        | 0.2985        | 0.1301        | 0.2204        | 0.1        | 1        | 0.00063242        | 0.00031565        | 2.00355946         |
| 0.07        | 0.2215        | 0.0000        | 0.2910        | 0.1565        | 0.2310        | 0.1        | 1        | 0.00078787        | 0.00033355        | 2.36206782         |
| 0.08        | 0.1921        | 0.0000        | 0.2835        | 0.1830        | 0.2415        | 0.1        | 1        | 0.00094332        | 0.00035431        | 2.66240949         |
| 0.09        | 0.1626        | 0.0000        | 0.2759        | 0.2094        | 0.2520        | 0.1        | 1        | 0.00109877        | 0.00037793        | 2.90735873         |
| 0.10        | 0.1332        | 0.0000        | 0.2684        | 0.2358        | 0.2626        | 0.1        | 1        | 0.00125422        | 0.00040440        | 3.10142887         |
| 0.11        | 0.1037        | 0.0000        | 0.2609        | 0.2623        | 0.2731        | 0.1        | 1        | 0.00140967        | 0.00043373        | 3.25010153         |
| 0.12        | 0.0743        | 0.0000        | 0.2534        | 0.2887        | 0.2837        | 0.1        | 1        | 0.00156512        | 0.00046592        | 3.35921542         |
| 0.13        | 0.0448        | 0.0000        | 0.2458        | 0.3151        | 0.2942        | 0.1        | 1        | 0.00172057        | 0.00050096        | 3.43452886         |
| 0.14        | 0.0154        | 0.0000        | 0.2383        | 0.3416        | 0.3048        | 0.1        | 1        | 0.00187602        | 0.00053886        | 3.48143847         |
| <b>0.15</b> | <b>0.0000</b> | <b>0.0000</b> | <b>0.2179</b> | <b>0.3711</b> | <b>0.3110</b> | <b>0.1</b> | <b>1</b> | <b>0.00203147</b> | <b>0.00057974</b> | <b>3.50407284</b>  |
| 0.17        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1833        | 0.4040        | 0.3126        | 0.1        | 1        | 0.00218692        | 0.00062442        | 3.50230645         |
| 0.18        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1488        | 0.4370        | 0.3142        | 0.1        | 1        | 0.00234237        | 0.00067304        | 3.48026272         |
| 0.19        | 0.0000        | 0.0000        | 0.1143        | 0.4699        | 0.3158        | 0.1        | 1        | 0.00249782        | 0.00072561        | 3.44237730         |
| 0.21        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0798        | 0.5029        | 0.3174        | 0.1        | 1        | 0.00265327        | 0.00078212        | 3.39241737         |
| 0.22        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0452        | 0.5358        | 0.3189        | 0.1        | 1        | 0.00280872        | 0.00084257        | 3.33351388         |
| 0.24        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0107        | 0.5688        | 0.3205        | 0.1        | 1        | 0.00296417        | 0.00090697        | 3.26822359         |
| 0.26        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.6045        | 0.2955        | 0.1        | 1        | 0.00311962        | 0.00097587        | 3.19676110         |
| 0.28        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.6414        | 0.2586        | 0.1        | 1        | 0.00327507        | 0.00105096        | 3.11625869         |
| 0.30        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.6784        | 0.2216        | 0.1        | 1        | 0.00343052        | 0.00113236        | 3.02953234         |
| 0.32        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.7153        | 0.1847        | 0.1        | 1        | 0.00358597        | 0.00122006        | 2.93917214         |
| 0.35        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.7522        | 0.1478        | 0.1        | 1        | 0.00374142        | 0.00131407        | 2.84720617         |
| 0.37        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.7892        | 0.1108        | 0.1        | 1        | 0.00389687        | 0.00141438        | 2.75518435         |
| 0.39        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.8261        | 0.0739        | 0.1        | 1        | 0.00405232        | 0.00152099        | 2.66426198         |
| 0.41        | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.8631        | 0.0369        | 0.1        | 1        | 0.00420777        | 0.00163391        | 2.57527628         |
| NA          | 0.0000        | 0.0000        | 0.0000        | 0.9000        | 0.0000        | 0.1        | 1        | 0.00436321        | 0.00175313        | 2.48881299         |

Tabel 10. Proses optimisasi portofolio *Mean-Variance* dengan aset bebas risiko pada saham selama Pandemi Covid-19.

Kurva *efficient frontier* dan rasio antara ekspektasi *return* terhadap variansi portofolio investasi dengan aset bebas risiko tampak seperti pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7. Kurva *efficient frontier* dan rasio *Mean-Variance* dengan aset bebas risiko pada saham sebelum Pandemi Covid-19.



Gambar 8. Kurva *efficient frontier* dan rasio *Mean-Variance* dengan aset bebas risiko pada saham selama Pandemi Covid-19.

## BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

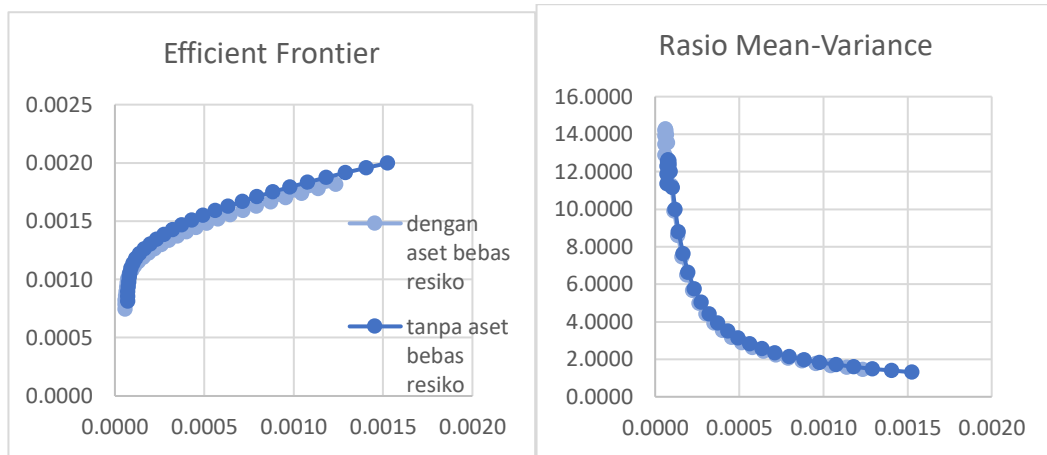
Analisis perbandingan dari hasil proses optimisasi dua model tersebut, dilakukan dengan cara memperhatikan beberapa karakteristik penting secara numerik pada Tabel 5 dan Tabel 9 untuk saham sebelum pandemi covid-19; Tabel 6 dan Tabel 10 untuk saham selama Pandemi Covid-19.

### IV.1. Portofolio Investasi Saham Sebelum Pandemi Covid-19

Berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 9, didapatkan tiga portofolio yang memenuhi ketiga masalah optimisasi yaitu, portofolio *minimum variance*, portofolio *maksimum return* dan portofolio *optimum* saham sebelum Pandemi Covid-19.

- a. Portofolio *minimum variance* untuk model *Mean-Variance* tanpa aset bebas risiko pada saham sebelum Pandemi Covid-19 diperoleh ekspektasi *return* sebesar 0.00081282 dengan variansi sebesar 0.00007158. Sedangkan untuk model *Mean-Variance* dengan aset bebas risiko diperoleh ekspektasi *return* sebesar 0.00074696 dengan variansi sebesar 0.00005798.
- b. Portofolio *maksimum return* untuk model *Mean-Variance* tanpa aset bebas risiko pada saham sebelum Pandemi Covid-19 diperoleh ekspektasi *return* sebesar 0.00199808 dengan variansi sebesar 0.00152507. Sedangkan untuk model *Mean-Variance* dengan aset bebas risiko diperoleh ekspektasi *return* sebesar 0.00181370 dengan variansi sebesar 0.00123531.
- c. Portofolio *optimum* untuk model *Mean-Variance* tanpa aset bebas risiko pada saham sebelum Pandemi Covid-19 diperoleh ekspektasi *return* sebesar 0.00097631 dengan variansi sebesar 0.00007730. Sedangkan untuk model *Mean-Variance* dengan aset bebas risiko diperoleh ekspektasi *return* sebesar 0.00089410 dengan variansi sebesar 0.00006261.
- d. Proporsi saham portofolio *optimum* untuk model *Mean-Variance* tanpa aset bebas risiko pada saham sebelum Pandemi Covid-19 yaitu ICBP=0.1096; GIAA=0.0787; BBKA=0.8137; ANTM=0.0000; dan KLBF=0.0000. Sedangkan untuk model *Mean-Variance* dengan aset bebas risiko ICBP=0.0986; GIAA=0.0691; BBKA=0.7323; ANTM=0.0000; dan KLBF=0.0000.

Perbandingan kurva permukaan efisien dari portofolio *Mean-Variance* tanpa dan dengan aset bebas risiko, seperti tampak pada Gambar 9.



Gambar 9. Perbandingan kurva *efficient frontier* dan grafik rasio *Mean-Variance* pada saham sebelum Pandemi Covid-19.

Jika memperhatikan grafik pada Gambar 9, maka tampak bahwa kurva *efficient frontier* untuk portofolio model *Mean-Variance* dengan aset bebas risiko, lebih rendah dibandingkan portofolio model *Mean-Variance* tanpa aset bebas risiko. Dalam hal ini menggambarkan bahwa *return* investasi yang menggabungkan tanpa dan dengan aset bebas risiko, kurang menguntungkan dibandingkan *return* investasi hanya pada aset tanpa bebas risiko.

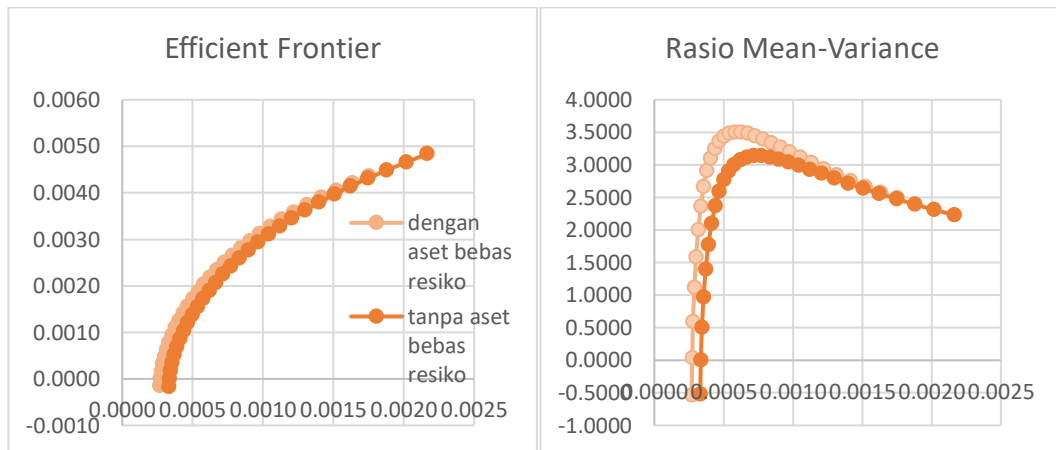


#### IV.2. Portofolio Investasi Saham Selama Pandemi Covid-19

Berdasarkan Tabel 6 dan Tabel 10, didapatkan tiga portofolio yang memenuhi ketiga masalah optimisasi yaitu, portofolio *minimum variance*, portofolio *maksimum return* dan portofolio *optimum* saham selama Pandemi Covid-19.

- a. Portofolio *minimum variance* untuk model *Mean-Variance* tanpa aset bebas risiko pada saham selama Pandemi Covid-19 diperoleh ekspektasi *return* sebesar -0.00017290 dengan variansi sebesar 0.00033127. Sedangkan untuk model *Mean-Variance* dengan aset bebas risiko diperoleh ekspektasi *return* sebesar -0.00014483 dengan variansi sebesar 0.00026833.
- b. Portofolio *maksimum return* untuk model *Mean-Variance* tanpa aset bebas risiko pada saham selama Pandemi Covid-19 diperoleh ekspektasi *return* sebesar 0.00483604 dengan variansi sebesar 0.00198140. Sedangkan untuk model *Mean-Variance* dengan aset bebas risiko diperoleh ekspektasi *return* sebesar 0.00436321 dengan variansi sebesar 0.00175313.
- c. Portofolio *optimum* untuk model *Mean-Variance* tanpa aset bebas risiko pada saham selama Pandemi Covid-19 didapat ekspektasi *return* sebesar 0.00224521 dengan variansi sebesar 0.00071573. Sedangkan untuk model *Mean-Variance* dengan aset bebas risiko diperoleh ekspektasi *return* sebesar 0.00203147 dengan variansi sebesar 0.00057974.
- d. Proporsi saham portofolio *optimum* untuk model *Mean-Variance* tanpa aset bebas risiko pada saham selama Pandemi Covid-19 yaitu ICBP=0.0000; GIAA=0.0000; BBKA=0.2421; ANTM=0.4123; dan KLBF=0.3456. Sedangkan untuk model *Mean-Variance* dengan aset bebas risiko ICBP=0.0000; GIAA=0.0000; BBKA=0.2179; ANTM=0.3711; dan KLBF=0.3110.

Perbandingan kurva permukaan efisien dari portofolio *Mean-Variance* tanpa dan dengan aset bebas risiko, seperti tampak pada Gambar 10.



Gambar 10. Perbandingan kurva *efficient frontier* dan grafik rasio *Mean-Variance* pada saham selama Pandemi Covid-19.

Jika memperhatikan grafik pada Gambar 10, maka tampak bahwa kurva *efficient frontier* untuk portofolio model *Mean-Variance* dengan aset bebas risiko, lebih tinggi dibandingkan portofolio model *Mean-Variance* tanpa aset bebas risiko. Dalam hal ini menggambarkan bahwa *return* investasi yang menggabungkan tanpa dan dengan aset bebas risiko, lebih menguntungkan dibandingkan *return* investasi hanya pada aset tanpa bebas risiko. Selain itu, variansi pada investasi yang menggabungkan tanpa dan dengan aset bebas risiko, lebih kecil dibandingkan dengan investasi hanya pada aset tanpa bebas risiko.

#### IV.3. Analisis Portofolio Investasi Saham Sebelum dan Selama Pandemi Covid-19

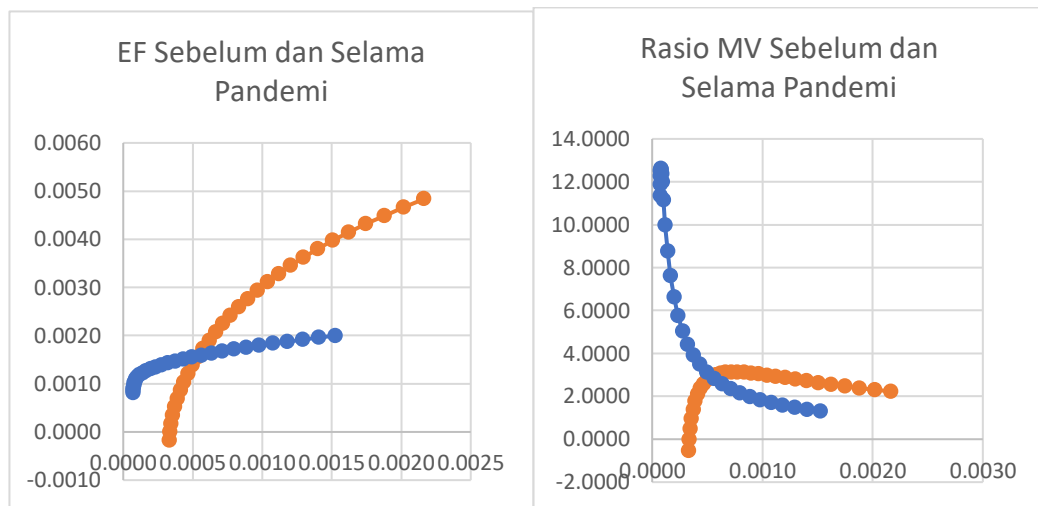
Berdasarkan Tabel 5 dan Tabel 6, perbandingan antara portofolio investasi saham sebelum dan selama Pandemi Covid-19.

- a. Portofolio *optimum* pada saham sebelum pandemi semula

ICBP=0.1096; GIAA=0.0787; BBKA=0.8137; ANTM=0.0000; dan KLBF=0.0000. Setelah adanya pandemi berubah menjadi ICBP=0.0000; GIAA=0.0000; BBKA=0.2421; ANTM=0.4123 dan KLBF=0.3456.

- b. Ekspektasi *return* dan variansi pada portofolio *optimum* saham sebelum pandemi semula  
 ekspektasi *return* sebesar 0.00097631 dengan variansi sebesar 0.00007730.  
 Setelah adanya pandemi berubah menjadi  
 ekspektasi *return* sebesar 0.00224521 dengan variansi sebesar 0.00071573.

Perbandingan kurva permukaan efisien dari portofolio *Mean-Variance* sebelum dan selama Pandemi Covid-19, seperti tampak pada Gambar 11.



Gambar 11. Perbandingan grafik permukaan efisien saham sebelum dan selama Pandemi Covid-19.

Jika memperhatikan grafik pada Gambar 7, maka tampak bahwa kurva *efficient frontier* untuk portofolio saham sebelum pandemi, lebih dekat dengan sumbu vertikal dibandingkan portofolio saham selama pandemi. Kemudian grafik rasio *Mean-Variance* untuk portofolio saham sebelum pandemi, lebih tinggi dibandingkan portofolio saham selama pandemi, Dalam hal ini menggambarkan bahwa adanya pandemi mengakibatkan risiko investasi saham semakin meningkat namun tidak sebanding dengan peningkatan *return* yang diharapkan.

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### V.1. Kesimpulan

1. Portofolio *minimum variance* pada saham sebelum Pandemi Covid-19 yaitu ICBP= 23,7%; GIAA= 4,2%; BBKA=66,9%; ANTM=2,5% dan KLBF=2,8% dengan ekspektasi *return* sebesar 0,08% dan variansi sebesar 0,007%. Sedangkan pada saham selama Pandemi Covid-19 yaitu ICBP=44,9%; GIAA=2,6%; BBKA=35,3%; ANTM=0% dan KLBF=17,1% dengan ekspektasi *return* sebesar -0,02% dan variansi sebesar 0,03%
2. Portofolio *optimum Mean-Variance* pada saham sebelum Pandemi Covid-19 yaitu ICBP= 11%; GIAA=7,7%; BBKA=81,4%; ANTM=0% dan KLBF=0% dengan ekspektasi *return* sebesar 0.1% dan variansi sebesar 0.008%. Sedangkan pada saham selama Pandemi Covid-19 yaitu ICBP=0%; GIAA=0%; BBKA=24,2%; ANTM=41,2% dan KLBF=34,6% dengan ekspektasi *return* sebesar 0,2% dan variansi sebesar 0,07%.
3. Alternatif dengan penambahan aset bebas risiko pada saham sebelum Pandemi Covid-19 ternyata kurang menguntungkan, sedangkan pada saham selama Pandemi Covid-19 lebih menguntungkan.
4. Pandemi Covid-19 mengakibatkan risiko investasi saham meningkat secara signifikan namun tidak sebanding dengan peningkatan *return* yang diharapkan. Sektor yang terdampak negatif akibat adanya Pandemi Covid-19 yaitu Sektor Industri Barang Konsumsi, Jasa Keuangan dan Jasa Transportasi. Sektor yang terdampak positif akibat adanya Pandemi Covid-19 yaitu Sektor Pertambangan, serta Sektor Kesehatan dan Farmasi.

## V.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya, penulis menyarankan:

1. Portofolio optimal pada tugas akhir ini baik untuk diaplikasikan pada waktu dekat ini saja, dikarenakan keadaan pasar saham yang tentatif pada masa pandemi. Optimisasi akan lebih baik jika data saham selalu diupdate dalam periode tertentu.
2. Pemilihan perusahaan akan lebih baik dilakukan dengan cara mencari rasio terbaik antara rata-rata *return* dan variansi dari beberapa perusahaan pada setiap sektornya masing-masing.
3. Optimisasi akan realistis jika ditambahkan kendala lain seperti kendala *round-lot*, kendala *buy-in treshhold* dan lain-lain.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. 2019. Suku Bunga BI. <https://www.bps.go.id/indicator/13/379/3/bi-rate.html>. Diunduh tanggal 4 Juli 2021.
- Bartholomew, M. B.** (2006). *Nonlinear Optimization with Financial Applications*, 1st edition. Kluwer Academic Publishers, New Jersey.
- Basuki, Sukono, Ema Carnia.** 2016. “Model Optimisasi Portofolio Investasi Meanvariance Tanpa dan Dengan Aset Bebas Risiko Pada Saham IDX30”. *Jurnal Matematika Integratif*. 12(2).107-116.
- Benninga, Simon.** (2000). *Financial Modelling*. Massachusetts: MIT Press.
- Luenberger, David G.** 1973, *Linear and Nonlinear Programming*. Fourth Edition. Penerbit: Springer.
- Mardison Purba, Sudarno, Moch. Abdul Mukid.** 2014. “Optimalisasi Portofolio Menggunakan Capital Asset Pricing Model (CAPM) dan Mean Variance Efficient Portfolio (MVEP)”. *Jurnal Gaussian*. 3(3). 481-490.
- Markowitz, H.** 1952. *Portfolio Selection*. The Journal of Finance. 7, 77-91
- Sidarto, K. A.** 2021. “Optimisasi Matematika Keuangan”. Slide Kuliah. Yahoo Finance. 2019. Data Historis. <https://finance.yahoo.com>. Diunduh 13 Juni 2021.
- Data Saham PT. Indofood CBP Sukses Makmur Tbk. Periode Januari 2019 – Mei 2021, data diperoleh dari Yahoo Finance melalui situs <https://finance.yahoo.com/>. Diunduh tanggal 13 Juni 2021.
- Data Saham PT. Garuda Indonesia Tbk. Periode Januari 2019 – Mei 2021, data diperoleh dari Yahoo Finance melalui situs <https://finance.yahoo.com/>. Diunduh tanggal 13 Juni 2021.
- Data Saham PT. Bank Central Asia Tbk. Periode Januari 2019 – Mei 2021, data diperoleh dari Yahoo Finance melalui situs <https://finance.yahoo.com/>. Diunduh tanggal 13 Juni 2021.

Data Saham PT. Aneka Tambang Tbk. Periode Januari 2019 – Mei 2021, data diperoleh dari Yahoo Finance melalui situs <https://finance.yahoo.com/>. Diunduh tanggal 13 Juni 2021.

Data Saham PT. Kalbe Farma Tbk. Periode Januari 2019 – Mei 2021, data diperoleh dari Yahoo Finance melalui situs <https://finance.yahoo.com/>. Diunduh tanggal 13 Juni 2021.

## LAMPIRAN

Lampiran A. Cuplikan data saham sebelum Pandemi Covid-19.

| Date       | ICBP  | GIAA | BBCA  | ANTM | KLBF |
|------------|-------|------|-------|------|------|
| 1/1/2019   | 10450 | 298  | 26000 | 765  | 1520 |
| 1/2/2019   | 10400 | 290  | 26200 | 740  | 1525 |
| 1/3/2019   | 10575 | 314  | 25900 | 750  | 1540 |
| 1/4/2019   | 10600 | 312  | 26025 | 760  | 1570 |
| 1/7/2019   | 10350 | 306  | 26225 | 770  | 1595 |
| 1/8/2019   | 10175 | 318  | 26200 | 760  | 1565 |
| 1/9/2019   | 10250 | 318  | 26275 | 780  | 1540 |
| :          | :     | :    | :     | :    | :    |
| 12/18/2019 | 11500 | 500  | 33775 | 830  | 1635 |
| 12/19/2019 | 11425 | 498  | 33000 | 835  | 1610 |
| 12/20/2019 | 11525 | 505  | 33300 | 830  | 1610 |
| 12/23/2019 | 11400 | 500  | 33300 | 825  | 1625 |
| 12/26/2019 | 11275 | 500  | 33400 | 840  | 1595 |
| 12/27/2019 | 11175 | 498  | 33475 | 835  | 1615 |
| 12/30/2019 | 11150 | 498  | 33425 | 840  | 1620 |

Lampiran B. Cuplikan data saham selama Pandemi Covid-19.

| Date      | ICBP  | GIAA | BBCA  | ANTM | KLBF |
|-----------|-------|------|-------|------|------|
| 3/2/2020  | 10150 | 254  | 30400 | 585  | 1195 |
| 3/3/2020  | 10950 | 268  | 31600 | 615  | 1210 |
| 3/4/2020  | 10950 | 276  | 32200 | 630  | 1275 |
| 3/5/2020  | 10950 | 284  | 32175 | 630  | 1330 |
| 3/6/2020  | 10950 | 278  | 31000 | 610  | 1235 |
| 3/9/2020  | 10375 | 250  | 28925 | 555  | 1140 |
| 3/10/2020 | 10775 | 262  | 29625 | 575  | 1155 |
| :         | :     | :    | :     | :    | :    |
| 5/19/2021 | 8275  | 316  | 31725 | 2550 | 1445 |
| 5/20/2021 | 8375  | 320  | 31900 | 2420 | 1460 |
| 5/21/2021 | 8325  | 316  | 31800 | 2330 | 1470 |
| 5/24/2021 | 8200  | 294  | 31625 | 2270 | 1450 |
| 5/25/2021 | 8175  | 274  | 31775 | 2330 | 1460 |
| 5/27/2021 | 8275  | 280  | 31350 | 2390 | 1420 |
| 5/28/2021 | 8125  | 272  | 31700 | 2460 | 1440 |



Lampiran C. Cuplikan *return* saham sebelum Pandemi Covid-19.

| Date      | ICBP    | GIAA    | BBCA    | ANTM    | KLBF    |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 3/2/2020  |         |         |         |         |         |
| 3/3/2020  | -0.0048 | -0.0272 | 0.0077  | -0.0332 | 0.0033  |
| 3/4/2020  | 0.0167  | 0.0795  | -0.0115 | 0.0134  | 0.0098  |
| 3/5/2020  | 0.0024  | -0.0064 | 0.0048  | 0.0132  | 0.0193  |
| 3/6/2020  | -0.0239 | -0.0194 | 0.0077  | 0.0131  | 0.0158  |
| 3/9/2020  | -0.0171 | 0.0385  | -0.0010 | -0.0131 | -0.0190 |
| 3/10/2020 | 0.0073  | 0.0000  | 0.0029  | 0.0260  | -0.0161 |
| :         | :       | :       | :       | :       | :       |
| 5/19/2021 | -0.0065 | -0.0040 | -0.0232 | 0.0060  | -0.0154 |
| 5/20/2021 | 0.0087  | 0.0140  | 0.0090  | -0.0060 | 0.0000  |
| 5/21/2021 | -0.0109 | -0.0100 | 0.0000  | -0.0060 | 0.0093  |
| 5/24/2021 | -0.0110 | 0.0000  | 0.0030  | 0.0180  | -0.0186 |
| 5/25/2021 | -0.0089 | -0.0040 | 0.0022  | -0.0060 | 0.0125  |
| 5/27/2021 | -0.0022 | 0.0000  | -0.0015 | 0.0060  | 0.0031  |
| 5/28/2021 | -0.0065 | -0.0040 | -0.0232 | 0.0060  | -0.0154 |

Lampiran D. Cuplikan *return* saham sebelum Pandemi Covid-19.

| Date      | ICBP    | GIAA    | BBCA    | ANTM    | KLBF    |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 3/2/2020  |         |         |         |         |         |
| 3/3/2020  | 0.0759  | 0.0537  | 0.0387  | 0.0500  | 0.0125  |
| 3/4/2020  | 0.0000  | 0.0294  | 0.0188  | 0.0241  | 0.0523  |
| 3/5/2020  | 0.0000  | 0.0286  | -0.0008 | 0.0000  | 0.0422  |
| 3/6/2020  | 0.0000  | -0.0214 | -0.0372 | -0.0323 | -0.0741 |
| 3/9/2020  | -0.0539 | -0.1062 | -0.0693 | -0.0945 | -0.0800 |
| 3/10/2020 | 0.0378  | 0.0469  | 0.0239  | 0.0354  | 0.0131  |
| :         | :       | :       | :       | :       | :       |
| 5/19/2021 | -0.0030 | -0.0126 | -0.0071 | -0.0194 | -0.0035 |
| 5/20/2021 | 0.0120  | 0.0126  | 0.0055  | -0.0523 | 0.0103  |
| 5/21/2021 | -0.0060 | -0.0126 | -0.0031 | -0.0379 | 0.0068  |
| 5/24/2021 | -0.0151 | -0.0722 | -0.0055 | -0.0261 | -0.0137 |
| 5/25/2021 | -0.0031 | -0.0705 | 0.0047  | 0.0261  | 0.0069  |
| 5/27/2021 | 0.0122  | 0.0217  | -0.0135 | 0.0254  | -0.0278 |
| 5/28/2021 | -0.0183 | -0.0290 | 0.0111  | 0.0289  | 0.0140  |

## Lampiran E. Cuplikan Coding dan Hasil Run Program pada Matlab

